ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN
HERAUSGEGEBEN IM PREUSSISCHEN FINANZMINISTERIUM
SCHRIFTLEITER: INGENIEURBAU RICHARD BERGIUS · HOCHBAU Dr.-Ing. GUSTAV LAMPMANN
79. JAHRGANG BERLIN, MAI 1929 HEFT 5

Die Entstehung der Teppichbemalung an altägyptischen Decken und Gewölben.

Von Ludwig Borchardt.

Bei der im Auftrage der Chicago University durchgeführten Ausgrabung in Medinet Habu, gegenüber Luqsor in Oberägypten ist es Uvo Hölscher gelungen, nicht nur den an den großen Tempel anschließenden Palast Ramses III. (rd. 1180 v. Chr.) in seinen beiden Ausführungen — einer älteren und einer jüngeren — im Grundriß genau herauszuholen, sondern auch den Aufbau beider Ausführungen einwandfrei klarzustellen, wobei sich in beiden Fällen ein in der altägyptischen Baugeschichte bisher unerhörtes Novum ergab: Tonnengewölbe aus ungebrannten Nilschlammziegeln, gespannt über Architrave auf Säulenstellungen. Dies ist deutlich aus den Spuren abzulesen, die diese Konstruktionen auf der Südseite der Südwand des ersten Tempelhofes (Abb. 1) — gleichzeitig Vorderwand des Palastes — hinterlassen haben.

Jede einzelne Tonne ist an dieser Wand in ihrer Spur zu verfolgen. Merkwürdig aber ist dabei, daß an den Innenseiten der Tonnenspuren rechteckige, radial gerichtete Löcher in der Wand bemerkbar sind, bei der mittleren, größten Tonne des Hauptsaales sieben, bei den beiden Seitenschiffen desselben Saales je fünf. Die niedriger liegenden Tonnen der Nebenräume zeigen fünf oder auch nur drei solcher Löcher, je nach den Radien der Gewölbe.

Hölscher hielt diese Löcher für die zufällig wieder geöffneten Auflager von Balken, die beim Bau der Tonnen als Lehren gedient hatten, wofür er auch ganz gute neuzeitliche Beispiele aus Syrien anführen kann. Das dürfte aber wohl nicht die richtige Erklärung sein. Eine andere Auffassung ist die gegebene; sie wird durch Ueberreste von Deckenverzierungen in thebanischen Gräbern uns nahegelegt.

Am aufschlußreichsten ist dafür das, was an dem Tonnengewölbe im Grabe eines einfachen Beamten der Totenstadt, namens Iri-nefer [1]), der unter den Ramessiden (um 1200 v. Chr.) gelebt hat, noch beobachtet werden kann (Abb. 2).

Im Scheitel der Längstonne aus lufttrockenen Ziegeln, die die kleine in den Fels gehauene Kammer überdeckt, läuft die Spur eines Balkens entlang, der ehemals mit Nilschlamm geputzt und bemalt war. Seine beiden Auflagerlöcher sind oben in den Stirnwänden der Kammer noch sichtbar, auf seiner ganzen Länge sieht man den einst von dem Balken verdeckten unbemalten Streifen Nilschlammputz des Tonnenscheitels sich von dem sonst über und über bemalten Gewölbe abheben; an einem etwa 1,70 m langen Stück dieses Streifens (Abb. 3) sitzt einseitig noch der Nilschlammputz des Balkens. Außen ist dieser Putzrest gelb bemalt und zeigt Reste von zwei Zeilen auf das Gelb aufgemalter Inschrift. Innen weist der Putzrest den Abdruck des Holzbalkens auf.

Senkrecht zu dieser Balkenspur läuft etwa in der Mitte der Tonne eine zweite ebensolche, die auf jeder Seite nicht ganz bis auf Kämpferhöhe herabgeht. Auf der Seite des Einganges endet diese Spur auf einer Auskragung (Abb. 5). Diese besteht aus bemaltem Nilschlammputz; ihre Ansichtsfläche sowie ihre linke Seitenfläche sind rotbraun, die rechte ist gelb bemalt, auf der Ansichtsfläche stehen zwischen weißen Linien ebensolche Schriftzeichen, das Ende einer Zeile, die mit dem Namen des Toten schloß. Oben über der Auskragung ist ein durch den Nilschlammputz der Tonne hindurchgehendes Loch.[2])

Es ist also deutlich, daß die Fläche der Tonne durch zwei ihr untergelegte, sich kreuzende Balken in vier Teile zerlegt war.

Bruyère[3]) hat ferner in dieser Kammer zwei Steine gefunden, die er gewiß mit Recht als Unterlager und Kopfplatte eines Holzpfeilers anspricht, den wir uns unter dem schwachen Punkt der eben beschriebenen Balkenteilung, d. h. unter ihrer Kreuzung, zu denken haben. Danach ist unsere zeichnerische Wiederherstellung (Abb. 2 rechts oben) ausgeführt, die allerdings von der Bruyères[4]) insofern abweicht, als ich den von ihm angenommenen wagerechten Balken, der sich unter dem gewölbten spannt, nicht für nachgewiesen ansehen kann. Das wagerechte Loch über der Auskragung an der Langseite (Abb. 5) rührt meiner Ansicht nach nur von einem starken Holznagel[5]) oder von einer Holzauskragung her, angebracht, um den gewölbten Balken in seiner Lage zu halten. Die Inschrift des Balkens, deren Ende noch auf der Auskragung erhalten ist, lief also auf dem gewölbten Balken vom Scheitel bis zur Auskragung hinab, nicht etwa erst auf dem wagerechten Balken Bruyères, und dann, nach einem Knick, weiter auf der annähernd senkrecht laufenden Auskragung. An dieser ist auch heute nichts von einer Ueberleitung in die Wagerechte zu sehen.

[1]) Bei Der el-medine gelegen; Nr. 290 bei Gardiner-Weigall, Topographical catalogue of the private tombs of Thebes; Bruyère, Rapport sur les fouilles de Deir el Médineh (1922—23) S. 10 ff; (1924—25) S. 190: Bruyère et Kuentz, La tombe de Nacht-Min et la tombe d'Ari-nefer, S. 67 ff.

[2]) Dies hat auf meinen Wunsch Hölscher mit Bruyère zusammen noch ermittelt. Bei meinem Besuche des Grabes (16. 12. 28) hatte ich es nicht bemerkt.

[3]) Bruyère et Kuentz, Ari-nefer, S. 114.

[4]) Bruyère, Rapport (1924—1925) S. 23, Abb. 13 rechts oben.

[5]) vgl. die Holznägel im Ziegelmauerwerk der Schranken der Hinterhalle am Tempel von Der el-medine, die die aus überputztem Halfagras hergestellten Rundstäbe halten.



Abb. 1. Südseite der Südwand des ersten Hofes von Medinet Habu, daran der Aufbau der vorderen Räume des Palastes Ramses III. zu erkennen ist.

Den Holzpfeiler selbst kann ich nur als einen Konstruktionsteil ansehen und finde keinen zureichenden Grund, religiösen Symbolismus in ihn hineinzulegen, wie dies Bruyère[6]) tun möchte.

Aber diese Frage ist für das, worauf es hier ankommt, gleichgültig. Hier kam es nur darauf an, ein gutes Beispiel für einen voll unter der Tonne liegenden, mit Inschrift verzierten Balken vorzuführen.

[6]) Bruyère, Rapport (1924—1925) S. 24/25.

Bruyère gibt dafür noch weitere[7]). Im Grabe des Nefer-renpet (Dyn. 20, rd. 1150 v. Chr.)[8]), dessen Gewölbe-

[7]) a. a. O. S. 23 ff und Abb. 13; die dort auch gegebenen Skizzen aus den thebanischen Gräbern Nr. 4 und Nr. 216 berühren unsere Frage nicht, ebenso scheint die Skizze aus Grab Nr. 339, wenn man sie mit dem im Text (S. 54) gegebenen vergleicht und eventuell richtigstellt, nicht hierher zu gehören.

[8]) Der el-medine, Nr. 336 in Engelbachs Supplement zu Gardiner-Weigall, Topogr. catal.; Bruyère, a. a. O. S. 80 ff.

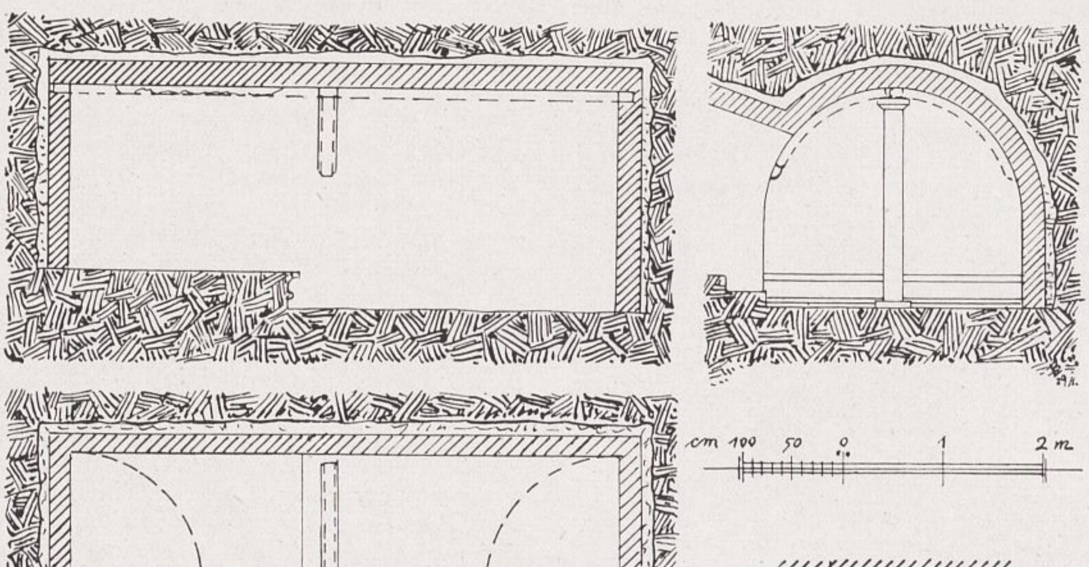


Abb. 2. Grab des Iri-nefer, Grundriß, Längs- und Querschnitt. Rechts unten Querschnitt der Auskragung für den Querbalken unter dem Tonnengewölbe.

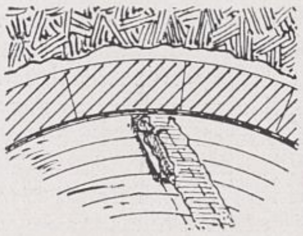


Abb. 3. Abdruck und Putzrest des Längsbalkens.

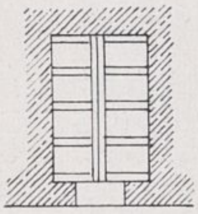


Abb. 4. Teilung einer gewölbten Decke.

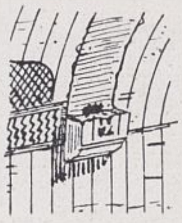


Abb. 5. Geputzte Auskragung für den Querbalken.

tonne zerstört ist, sah Bruyère noch wenigstens das eine Loch oder gar beide Löcher für das Auflager des Längsbalkens [9]). Auch hier stützte ein Pfeiler, dieses Mal aus lufttrockenen Ziegeln aufgemauert, den etwa 6,20 m freiliegenden Balken.

In einem weiteren Grabe [10]) fand Bruyère auch die Spur des Längsbalkens, auch erwähnt schon Lepsius noch einen solchen im Grabe des Anhor-Chaui.[11])

Daß diese Balken den Zweck gehabt hatten, die Gewölbe zu stützen, kann ich nicht annehmen. Ein ägyptisches Tonnengewölbe aus lufttrockenen Ziegeln, das sich in so gut wie allen Fällen nicht nur auf die Längswände, sondern auch, da es in schrägliegenden Ringausschnitten aufgebaut ist, gegen die eine Schmalwand abstützt, hält freistehend vorzüglich ohne jede Unterstützung, und wenn es in eine Felshöhle eingebaut ist, so würde gegen etwaigen Felssturz auch der untergezogene Holzbalken nichts nützen, namentlich nicht bei den Querschnittsmaßen, die diese flachen Balken hatten.

Man wird diese Balken also nur als Verzierungen ansprechen können, als vortretende Teilungen der Decke in Felder.

So würden also auch die Decken in der zweiten Ausführung des Palastes Ramses III. zu rekonstruieren sein (vgl. Abb. 1). Auch dort lagen die geputzt und bemalt zu denkenden Balken längs unter den Tonnengewölben, vielleicht in Abständen durch gebogene Querbalken unterbrochen; es entstanden so gewissermaßen Kassettendecken mit großen, länglich-rechteckigen Feldern zwischen den vortretenden Balken.

Da der große dreischiffige Saal rd. 16 m tief ist, mußten die Balken natürlich mehrmals auf diese Länge gehalten werden. Das ging leicht, wenn man sie vermittels kurzer Querhölzer, die durch die Tonnen durchgriffen, an diese anhängte, aber es scheint, daß dafür noch eine bessere Konstruktion gewählt war. Ueber den heute verschmierten Auflagerlöchern der beiden Seitenarchitrave des Mittelschiffs liegt nämlich oben zwischen den Tonnen je ein größeres Auflagerloch für einen Balken von größerem Querschnitt. Diese von unten nicht sichtbaren Balken denke ich mir durch aufgemauerte Pfeilerchen unterstützt über den Architraven herlaufend. An diese schweren Balken waren dann die leichteren [12]) unter den Tonnen verankert, sei es durch Hölzer, sei es mit Stricken, die durch die Tonnen durchgriffen.

Aber diese Rekonstruktion der Palastdecke von Medinet Habu war nicht der Zweck dieses Aufsatzes. Es sollte vielmehr versucht werden, dem Ursprunge einer Deckenverzierung nachzugehen, von der diese Aufteilung der Decke durch untergelegte Balken nur eine besonders klar durchgeführte Art ist.

Dieselbe Aufteilung ohne Balken, nur durch breite, gelbe Farbstreifen [13]), ist nämlich die übliche in so gut wie allen Gräbern der thebanischen Totenstadt. Sie kommt auf jeder Art von Decke vor, auf flacher, auf Satteldachdecke und auf gewölbter. Je ein Beispiel auf flacher Decke, auf Satteldach und auf gewölbter Decke mag hier vorläufig genügen, auf flacher aus dem vorderen Raum im Grabe eines Amen-em-opet[14]) (Abb. 6), auf Satteldach im Grabe eines Amen-Mose[15]) (Abb. 7) und auf gewölbter aus dem hinteren Raum im Grabe eines Nefer-hotep[16]) (Abb. 4).

Selbst wenn es nicht genug Beispiele — so im Grabe des Amen-em-het in Beni Hassan[17]) und im Grabe des Teti-ky in Dra Abu'l-negga[18]) — gäbe, bei denen die gelben Streifen durch dunkelgelbe und rote Maserung deutlich als Holz bezeichnet sind, so sieht man doch ohne weiteres, daß hier eine Balken- und Sparrenanlage dargestellt ist. Schon die Art, wie die „gelben Streifen“ gegeneinander

[9]) Vielleicht auch in den Abb. 55 und 59 bei Bruyère, a. a. O. S. 84 u. 89 sichtbar. Der von Bruyère (a. a. O. S. 25, Abb. 13) angenommene Querbalken scheint mir nicht erweislich zu sein.

[10]) Bruyère et Kuentz, a. a. O. S. 115: „neben Grab Nr. 268“.

[11]) Text zu Lepsius' Denkmäler 3, 295: „An der Decke [der sehr spitz, ellipsenartig gewölbten zweiten Kammer] lief ein eingesetzter Architrav von Holz hin, der aber jetzt heruntergefallen ist.“

[12]) In der Westhälfte des Mittelschiffs scheint übrigens der eine Längsbalken unter der Tonne nicht ganz genau gelegen zu haben, so daß dort die Felderteilung etwas unsymmetrisch ausgefallen sein dürfte. Die Baukunst der Ramessidenzeit hatte eben an Genauigkeit schon viel verloren.

[13]) Jéquier, Décoration Egyptienne. Plafonds et frises, S. 6, wo noch keine Erklärung der „bandes jaunes“ versucht ist.

[14]) Gardiner-Weigall, a. a. O., Nr. 177.

[15]) Ebenda Nr. 251.

[16]) Ebenda Nr. 6.

[17]) Newberry, Beni Hasan 1. 29.

[18]) Carnarvon-Carter, Five years excavations at Thebes, Bl. 4.

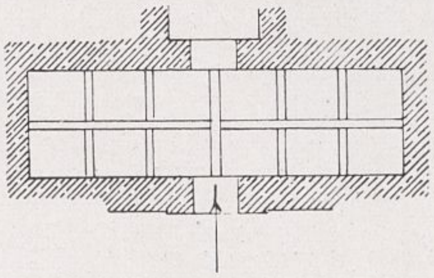
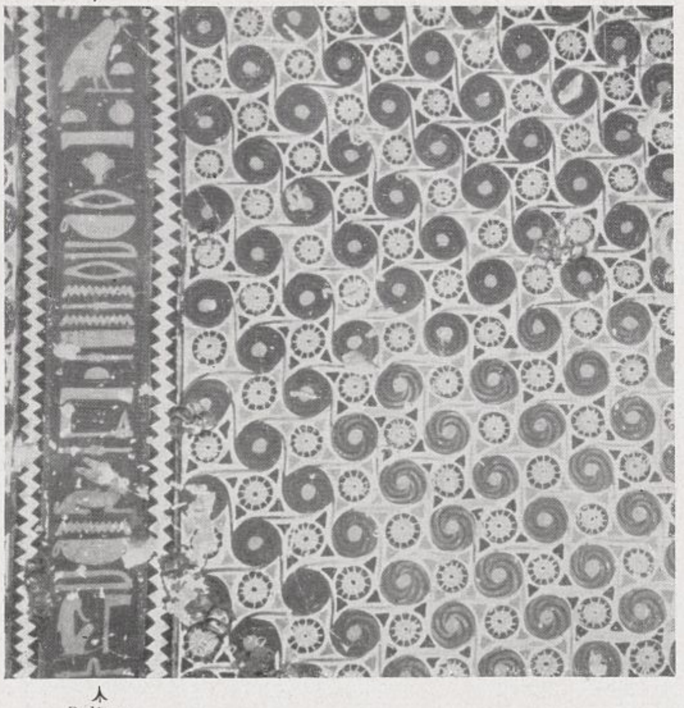


Abb. 6. Teilung einer flachen Decke.



Abb. 7. Teilung einer Satteldachdecke.

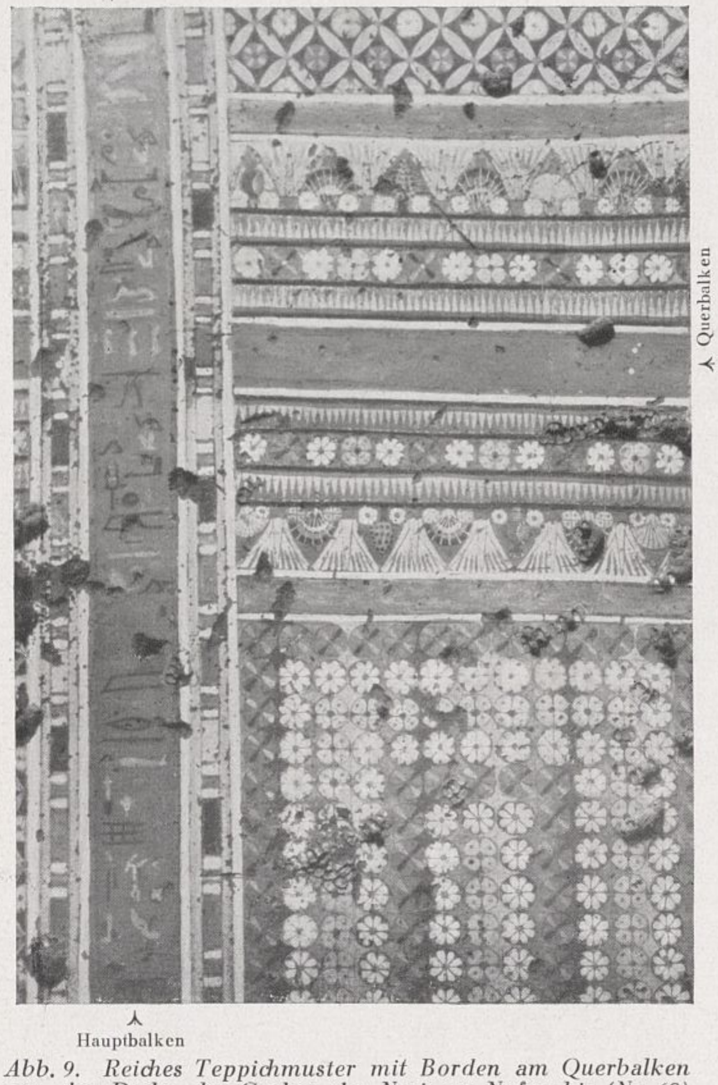
Balken



Balken

Abb. 8. Teppichmuster von der Decke des Grabes des Min-nacht (Nr. 87). Ungefähre Farbenangabe siehe bei Jéquier, „Dekoration Egyptienne“ Blatt 22, Nr. 35. Man beachte die Verschnürungsmuster am Balken links.

Hauptbalken



Querbalken

Hauptbalken

Abb. 9. Reiches Teppichmuster mit Borden am Querbalken von der Decke des Grabes des Nesi-pa-Nofer-hir (Nr. 68). Ungefähre Farbenangabe siehe Jéquier a.a.O. Bl. 32, 33 u. 40. Einziges mir bekanntes Beispiel, in dem das Teppichmuster auf Gährung umläuft (unten rechts).

laufen, zeigt dies. Die architektonische Ausbildung der gelben Streifen ist außerdem dieselbe, die wir von den Architraven in den Gräbern her kennen: Inschrift, kurze Gebete, Titel und Namen des Verstorbenen, zwischen Linien, Inschrift wie Linien meist blau ausgemalt.

Zwischen diesen Balkenteilungen finden wir nun stets Muster (Abb. 8 u. 9)[19]), die ich der Kürze wegen „Teppichmuster“ nennen will, ohne damit etwas über die Technik der dargestellten Stoffe aussagen zu wollen, denn diese sehr verschiedenen Muster werden auch verschiedene Stoffe und verschiedene Techniken darstellen sollen. Die einen sollen Mattengeflecht wiedergeben, andere können auf Gewebe in Kelimtechnik zurückgehen, wieder andere können mehrfarbige Gewebe mit durchgehender Kette und Einschlag vorstellen, noch andere wohl Stoffe — Gewebe oder Leder — mit andersfarbigen Auf- oder Unterlagen, alles Techniken, die aus dem alten Aegypten bekannt sind. Kurz, es sind irgendwelche gemusterten Plane.

Noch in neuerer Zeit[20]) hat man angenommen, daß diese Plane unter feste, wohl gar geputzte Decken gespannt zu denken seien, daß hier also gewissermaßen tapezierte Decken dargestellt seien; es läßt sich aber leicht unter Hinweis auf alte Vorbilder zeigen, daß es Plane sein sollen, die über offenes Sparrenwerk gespannt sind. Wie solches Sparrenwerk aussieht und wo es in der ägyptischen Baukunst vorkommt, dafür braucht man nur z. B. Darstellungen von Baldachinen zu betrachten, wie sie in leichtester Konstruktion auf den Barken errichtet werden, die den Toten nach dem Westen hinüberbringen. Die hier in ihren Oberteilen abgebildeten (Abb. 10 u. 12) sind nebeneinander in einem und demselben thebanischen Grabe[21]) der achtzehnten Dynastie dargestellt. Diese Baldachine hatten jeder vier Eckstützen, auf denen ihr Dach ruhte, das auf dem linken Bilde flachzylindrisch gewölbt erscheint, während es auf dem rechten die bei ägyptischen Götterkapellen häufige Form[22]) hat. Das Sparrenwerk zwischen der oberen und der unteren Linie beider Dächer, dessen rotbraune Farbe Holz andeutet, muß man sich in der Dachfläche selbst denken. Die Zeugbespannung der Dächer ist meist zwischen dem Sparrenwerk angegeben.

Wie das in natura ausgesehen hat, davon gibt uns die in Holz ausgeführte Kajüte des Totenschiffes des Mesechti[23]) aus Siut als besonders gutes Beispiel[24]) ein sehr klares Bild (Abb. 11). Die Kajütenräume, von denen

[19]) Viele davon gesammelt von Jéquier, Décoration Egyptienne, Plafonds et frises, aber leider schematisch und in mangelhaftem Farbendruck wiedergegeben, so daß der Reiz der Muster und der Töne nicht zu spüren ist.

[20]) de Garis-Davies, Tomb of Nakht (1918), S. 24; Jéquier, Manuel d'Archéologie Egyptienne, Les éléments de l'architecture (1924), S. 295, hält dagegen den richtigen Gedanken schon für möglich.

[21]) Aus Grab Gardiner-Weigall Nr. 175.

[22]) Diese weder aus dem Holz-, noch dem Ziegel-, noch dem Steinbau mir erklärliche Form, die schon in den Prinzessinnengräbern bei der Stufenmastaba von Saqqara (Dgn. 3) als innere Linie von Kapellendächern in ihrer vollen Reinheit auftritt, glaube ich jetzt aus dem Bau mit Palmzweigen und Matten herleiten zu können. Spannt man nämlich eine Reihe von Palmrippen mit ihren dicken Enden fest ein, so daß sie senkrecht stehen, und biegt sie nach hinten — in der Richtung der Außenseiten der Rippen —, bis sie mit ihren obersten, dann wagerecht zu legenden Enden auf die Höhe der Einspannung herabgedrückt sind, so ergibt sich die gewünschte Form, die auch genügendem Druck von oben ausgesetzt werden kann, den die ohne Einspannung wagerecht liegende Rippe nicht verträgt. Man braucht die Reihe der Rippen dann nur zu durchflechten, um ein Mattendach zu erhalten. Ein Versuch mit einer 3,20 m langen, aufs Geratewohl abgeschnittenen Palmrippe ergab, daß man damit eine Kapelle von etwa 4,50 m Tiefe gut in der angegebenen Weise überdecken kann.

[23]) Museum in Kairo Cat. gén. Nr. 4918, Reisner, Models of ships and boats, S. 74 ff u. Bl. 18.

[24]) Von den anderen, häufigen Beispielen mag hier nur die Totenbarke Kairo J. d'E. 46 720 erwähnt werden.

übrigens der eine nachträglich an den anderen angesetzt ist [25]), haben Wände aus Sparrenwerk und ein flach zylindrisch gewölbtes Dach, auch aus flachen Holzbögen, auf denen gleichfalls flache Sparren längs liegen. Seiten wie Dach waren einst mit Zeug bespannt [26]), vermutlich mit buntgemusterten, wie bemalte Kajüten[27]) von Totenschiffen das zeigen. Daß die Muster dieser in Bildern und Modellen uns bekannten Kajütenbespannungen und die der Teppichbemalungen zwischen den gelbgemalten Balken auf den Grabdecken die gleichen sind, braucht nicht besonders erwähnt zu werden.

Diese Teppichbespannungen auf offenem Sparrendach darf man sich nun aber nicht nur bei leichten Holzkonstruktionen, wie es Schiffskajüten sind, vorkommend denken, auch feste Gebäude am Lande wurden so überdeckt. So ist z. B. im Museum zu Kairo [28]) aus dem Grabe des Mehenkwet-re (Dyn. 11, rd. 2000 v. Chr.) das dem Toten beigebene Modell seiner Webstube erhalten, die einst ebenso überdeckt war oder überdeckt werden konnte. Hier sind die Längswände des Raumes oben durch zwei in Flachbogen gespannte, flachgelegte Balken verbunden, über denen man sich die Bespannung zu denken hat. Ob die Bespannung ständig war oder nur gelegentlich gegen die Sonne angebracht wurde, ist dabei gleichgültig.

Auffallend ist, daß sowohl bei den Kajüten, wenn auch nicht bei allen, als auch hier bei dem festen Raum am Lande, die Bespannung auf sich wölbenden Balken liegt. Darin braucht man nicht eine Nachahmung der alten Hausform mit Tonnengewölbe sehen, es wird wohl eher eine statische Erwägung dem zugrundeliegen, nämlich die, daß ein Balken von flachem Querschnitt gewölbt mehr hält als flach verlegt, und dann vielleicht auch die, daß so das unvermeidliche Durchhängen der Teppichbespannung weniger auffällig wird.

Schließlich darf ich wohl noch darauf hinweisen, daß auch bei den Särgen in Hausform mit tonnengewölbtem Dach, wie sie in der 18. Dynastie [29]) üblich sind, die ornamentale Aufteilung der Deckel durch gelbe oder auch vergoldete Inschriftstreifen auf dem schwarzen Grund der Deckelwölbung in letzter Linie von diesen gewölbten Sparrendächern abzuleiten ist.

*

Die Feststellung der Entstehung dieses Bauschmucks, der Teppichbemalung an Decken, aus dem Zeltbau ist für die ägyptische Baugeschichte von einiger Wichtigkeit. Bisher hatte ich, soviel ich weiß, als erster die Zierformen der ägyptischen Bauten, gleichgültig in welchem Baustoff sie ausgeführt sind, und auch gewisse Eigenarten der Baukonstruktionen auf den Ziegelbau mit lufttrockenen Ziegeln, der in Aegypten dem Steinbau vorherging, zurückgeführt. Die in den letzten Jahren bei Saqqara freigelegten Bauanlagen bei der Stufenmastaba des Königs Djeser (3. Dyn.), bisher die ältesten ägyptischen Steinbauten größeren Umfangs, haben uns das wieder vor Augen geführt. Hier ist die Entlehnung der Formen aus dem Ziegelbau so deutlich, daß man eigentlich von Nachbildung des Ziegelbaues in Haustein sprechen müßte. Neben dem Ziegelbau mußten auch leichte, aus geflochtenen Matten errichtete Bauten, von denen wir auf sehr alte Zeiten zurückgehende Abbildungen — Darstellungen von verschiedenen Kapellen — haben, als Urbilder angesehen werden, die ihre Zierformen auf den Steinbau übertragen haben. Auch dafür brachten die Djeser-Bauten bei Saqqara wieder Beweise, und die oben [30]) gegebene Erklärung der Entstehung der merkwürdigen Form des Kapellendaches ist ein weiterer.

Jetzt werden wir für die Erklärung des ägyptischen Bauschmucks aber auch auf eine dritte ursprüngliche Bauweise unser Augenmerk richten müssen, auf den Zeltbau. Bisher war nur e i n e solche Form darauf zurückgeführt worden, die „Zeltstangensäule" [31]), jetzt sehen wir, daß in der ägyptischen Architektur mehr aus dieser Bauart entnommen ist. In dieser leichten, luftigen Bauweise, bei der man nicht an sich dem Wüstenboden anschmiegende Beduinenzelte denken darf, waren die Aegypter seit je [32]) Meister. Daß eine solche, von den Aegyptern stets besonders gepflegte Bauart nicht ohne Einfluß auf den Bauschmuck im allgemeinen bleiben konnte, ist eigentlich selbstverständlich.

[25]) Auch sonst ist die Zusammensetzung, wie sie sich heute im Museum zeigt, in Einzelheiten nicht die des alten Zustandes.

[26]) R e i s n e r, a. a. O., S. 76 u. 79. Die für die Bespannung mit Zeug dienenden Löcher der Rahmen der Schmalwände der Kajüte (bei R e i s n e r, a. a. O., S. 79, Abb. 295, mit f" bezeichnet) sind schräg durch die Pfosten und durch das Bogenholz gebohrt.

[27]) Museum in Kairo Nr. 5089 ff u. 5204 ff, s. D a r e s s y, Fouilles dans la vallée des rois, S. 258 u. 295, Bl. 51, 56.

[28]) Journal d'Entrée Nr. 48 321.

[29]) z. B. Sarg des Juje, des Schwiegervaters Amenophis III., s. Th. M. D a v i e s, The tomb of Jouiya and Touiyou, Bl. 6.

[30]) Anm. 22.

[31]) B o r c h a r d t, Die ägyptische Pflanzensäule, Berlin 1897, S. 56 f.

[32]) Beispiele für die alte Zeit sind die großen Schiffskajüten der Königsschiffe (s. a. Anm. 27), für die Diadochenzeit das Festzelt Königs Ptolemäus' II. (s. S t u d n i c z k a, Das Symposion Ptolemaios II.); für die neueste Zeit kann man sie in prächtigster, geschmackvoller Ausführung bei großen Staatsfesten in Kairo noch bewundern.

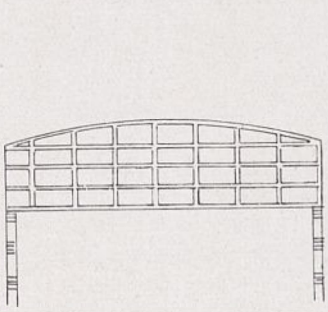


Abb. 10. Oberteil eines Baldachins.

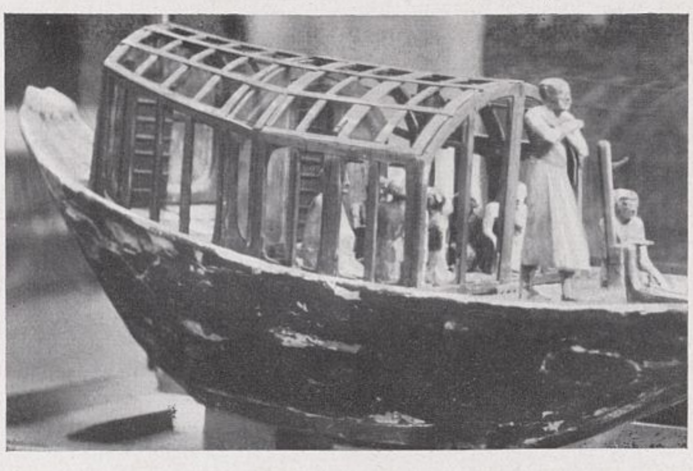


Abb. 11. Kajüte vom Totenschiff des Mesechti.

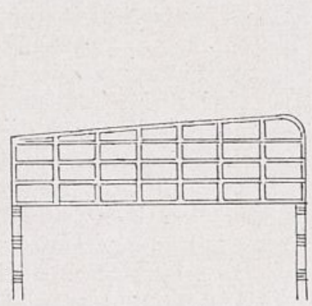


Abb. 12. Oberteil eines Baldachins.

Die Technik des Ausgrabens.

VORTRAG, GEHALTEN BEIM LEHRKURSUS FÜR BAUFORSCHUNG ZU BERLIN 1927, VERANSTALTET VON DER KOLDEWEY-GESELLSCHAFT.

Von Prof. Dr. W. Andrae, Berlin.

Bei dem Worte „Ausgraben" denkt der Laie zuerst an Dinge wie Pompeji und an das Heben von „Schätzen". Damit hat er recht: Das Streben des Ausgräbers richtet sich einerseits auf das Freilegen zerstörter, verschütteter Städte, anderseits auf alle jene kostbaren Dinge, die im Faust, II. Teil, Mephistopheles dem Kaiser als Unterpfand der neuerfundenen Papiergeldemission empfiehlt. Städte und Schätze deckt Erde, bis der Ausgräber sie findet, aufdeckt oder davonträgt und einen Wandel ihrer Schicksale vorschreibt, indem er sie, die bis dahin Unbekannten, der Mit- und Nachwelt wieder zur Kenntnis bringt, mit anderen Worten: sie in Papier ummünzt, wenn auch nicht ganz im Sinne des Mephistopheles. Aber von der so vergnüglichen, liebhaberischen Schatzgräberei sind wir neuerdings zu einer Wissenschaft des Ausgrabens gelangt, aus Erfahrungen wuchsen Gesetze, und diesen Gesetzen kann sich jetzt keiner mehr entziehen, der Anspruch auf Anerkennung seiner Leistung als Ausgräber erhebt.

Was ist Ausgraben? Das von Sachkunde ungetrübte Urteil hat die Antwort schnell bereit: „Da das, was ich suche, das Denkmal der Vergangenheit, in der Erde steckt, schaffe ich Hacken, Schaufeln, Körbe, Karren und Arbeiter an, natürlich für gutes Geld, das ich vorher anschaffe, und beseitige das, was mich stört und die gesuchten Dinge bedeckt, die Erde, den Schutt."

Wir Alterfahrenen finden die Sache nicht so einfach.

Das Objekt einer Ausgrabung ist allermeist eine Siedlung, und eine Siedlung ist eine Gruppe von Bauwerken, von Wohnhäusern der Götter, Lebenden und Toten, von Schutzwehren gegen böse Feinde; zu den Ausnahmefällen gehören Gräberfelder ohne Häuser, Scherbenhaufen, Kjökkenmöddinger. So werden wir also, wenn wir Hacke und Schaufel zur Hand nehmen, ganz gewöhnlicherweise auf Mauern und Fußböden, Treppen, Brunnen, Kanäle, Straßen, Gassen, Säulenstücke, Dachziegel und ähnliche grobe Dinge stoßen, mit denen wir Lebenden durch den Staub, Schutt und Schmutz verbreitenden Maurermeister weniger erfreut als geärgert werden.

Wenn man diesen Aerger auf die alten Bauten und ihre Reste überträgt, gelangt man zu ihrer Verachtung. Diese Feindseligkeit gegen alles Gebaute ist aber in der Hauptsache Bequemlichkeit. Wenn wir gelernt haben, was aus einem verfallenen Bau werden kann, und wissen, wie eine Ruine aussehen muß, werden wir angenehm überrascht sein, wie viel aus ihr vom Altertum zu uns spricht. Gibt man sich keine Mühe, Ruinen zu erkennen, was z. B. in ganz Mesopotamien nicht eben leicht ist, so werden die Mauern, die dort auch in Palästen und Tempeln aus ungebrannten Ziegeln, also aus ziemlich weichem Lehm bestehen, einfach fortgetragen, als seien sie Erde oder Schutt, und man wunderte sich dann, daß nur hier und da ein unverständlicher Stein oder ein Stückchen hartes Pflaster liegen blieb, an dem sich die Hacken der Arbeiter krumm bogen.

Solche unerfreulichen Ereignisse sind heute antiquiert, sie ragen aber doch noch in unsere Tage herein. Wie leicht würde es dem Forschen dieses Schlages fallen, unsere germanischen und slawischen Burgen und Niederlassungen wegzutragen, ohne auch nur den leisesten Hauch davon zu verspüren. Und was alles können wir jetzt über diese Siedlungen aus Erde und aus Holzpfosten, die längst verkohlt und verrottet sind, aussagen, seit wir gelernt haben, den Sinn der verschiedenen Erdfärbungen an solchen Stellen richtig zu deuten und Methoden zu ihrer Ermittlung auszufinden! Nicht immer liegen die Dinge einfach etwa wie in Aegypten, wo sich eine schöne, reinliche Decke Wüstensandes über wohlerhaltene Bauten und Gegenstände breitet. Sobald aber Erdbeben, Wasserfluten, Regengüsse, Kriegskatastrophen eingegriffen haben, wird das Erforschen schwieriger. Zuerst einmal muß man begreifen, welches Ereignis eingetreten war. Umgefallene Teile müssen zusammengesucht und wirklich oder in der Idee wiederaufgerichtet werden, Lücken, die hineingerissen sind, müssen ergänzt werden.

Fast noch schwieriger sind Eingriffe durch Menschenhand zu verstehen, die gar nicht so bösartig gemeint waren wie jene Zerstörungen wilder Naturgewalten oder Kriegshorden, nämlich Umbauten und Neubauten, Verschachtelungen und Verschränkungen. Das sind Erscheinungen, die jemand, der sie am lebenden Bau nicht erlebt hat, an der Ruine nicht verstehen wird. Es gehört dazu Materialkunde und das Wissen von den statischen und konstruktiven Erfordernissen. Einfache Dinge, wie die Notwendigkeit und die Art der Mauergründung, des Fugenschnittes, der Baurampen, der Verankerung, der Abmessungswahl sind ein Minimum von Wissenstoff, der hier mitgebracht werden muß. Verschiebbarkeit größerer Baukörper gegeneinander, sogenannte Dilatationsfragen, Bogenverstrebungen oder gar komplizierte Abweichungen vom Einfach-Notwendigen zugunsten ästhetischer Wirkungen, wie es die Kurvaturen sein sollen, erfordern schon ein tieferes Eindringen in den Geist der Baukunst.

Ich kann hier nur wenige Fälle von vielen Hunderten anführen, die der rein technischen Behandlung unterworfen sind. Einige extreme Merkwürdigkeiten werden aber gewiß interessieren: Bei einem griechischen Tempel zu Tarsus im südlichen Kleinasien ist es Koldewey*) gelungen, den Grundplan abzulesen und Angaben über den Aufbau zu machen, obwohl überhaupt kein Stein mehr vorhanden war, sondern nur noch Streifen von Steinsplittern an den Stellen, wo einst diese Mauern standen, aber mit Stumpf und Stiel von den Späteren abgetragen und wiederverwendet worden sind. Die Splitter waren bei dieser Beraubung entstanden. In Assur haben wir einen Palast aus dem 19. vorchristlichen Jahrhundert ermittelt, der drei große Höfe und etwa hundert Räume hatte, obwohl dieser Bau nie zur Ausführung gelangt ist. Aber glücklicherweise war es doch bis zur Ausschachtung seiner Baugräben gekommen, die man an der Erdfärbung oder an dünnen eingebrachten Kiesschichten erkennen und verfolgen konnte, wenn auch nur unterirdisch unter drei darüber in späteren Jahrhunderten errichteten Neubauten. Das geschah in Tunnelgrabungen von über 2000 m Länge, also ganz bergmännisch.

So arg der Fehler ist, die Architektur für belanglos zu halten, so beschränkt wäre es, sie für das einzige Objekt der Ausgrabung zu halten. Wie die Bauten nichts anderes sind als Zeugen der Vergangenheit, so ist es auch der Schutt, in dem sie stecken, von der Oberfläche an, die doch nichts weiter ist, als die gegen Null konvergierte Vergangenheit. Wir sind diesem gegenwärtigen vorgefundenen Zustand eben solche Achtung schuldig, wie

*) Koldewey, „Das sogenannte Grab des Sardanapal" aus der „Anomia", Berlin 1890.

jedem älteren, nachher von uns ermittelten. Es hat sich schon oft bitter gerächt, daß man dies übersah und, nachdem einmal die Epidermis der Ruine durchschnitten und zerstört war, später nicht mehr feststellen konnte, wie sie ausgesehen hatte. Das verhinderte dann wichtige Erkenntnisse.

Der größte Teil vergangenen Lebens spielt sich genau wie das gegenwärtige in und zwischen den Häusern, also in der Siedlung ab. Die Bauten sind die Gefäße des Lebens. Und ihr Inhalt? Heute sind wir, die Lebenden, es selber. In Ruinen ist der Inhalt tot, die Leichen einstiger Bewohner und die Reste ihres Hausrates und alles dessen, was ihnen im Leben zum Leben gedient hat, müssen uns berichten, wie es dort zuging. Die Bauten sind ohne jene Lebensspuren dürre Knochengerippe, und ohne den festen Halt der Bauten wird ihr Inhalt eine nebelhafte, gestaltlose Masse. Am Ende wollen wir doch ein Lebensbild erstehen lassen, nicht eine Gruppe von Grundrissen und technischen Merkwürdigkeiten, und auch nicht eine Gruppe von archäologischen Neuheiten. Daher der unbedingte engste Zusammenhang von Bauten und Funden.

Neben solchen allgemeingültigen Regeln schreibt nun aber jede Ruine noch eigene Gesetze vor. Ueberall liegen die Verhältnisse anders. Der genius loci ist kein so schemenhaftes Wesen als Materialisten und Rationalisten es annehmen möchten. Bei Bauten und bei Funden bewirkt er bestimmte Formen. Bei Bauten und bei Funden wirkt aber auch die Umwelt ein. Import und Bodenständigkeit werden miteinander ringen, und der Forscher hat das Vergnügen, diesem Kampfe zuzusehen und den Schiedsrichter zu spielen. Man wird leicht einsehen, daß er das nur kann im Besitze aller Qualitäten eines Schiedsrichters. Will er es sein über die Bauten, so muß er seine Kenntnisse der Geschichte der Baukunst wie der Bautechnik ausbreiten, will er es sein über die Funde, muß er zum mindesten Kenntnis der Archäologie der Nachbarländer mitbringen, ganz zu schweigen von dem, was schon bisher auf dem Gebiete seiner Ruine früher gearbeitet worden ist. Wie verfehlt wäre es, wenn er auf griechischem Boden ausgraben wollte und nichts von der wohlgeordneten griechischen Keramik wüßte. Je weiter dieser Kenntniskreis gezogen ist, desto besser für ihn und für die Ruine.

Der Kenner, dessen Augen durch vieles Schauen geprüft und geschult sind, wird schon der gänzlich unerforschten Ruine, und selbst so hoffnungslos aussehenden, wie den mesopotamischen Erdhügeln oder den germanischen Wallburgen vielerlei absehen noch v o r jeder Tätigkeit mit Hacke und Schaufel. Er unterscheidet Befestigungsanlagen, Tore, Wälle, Gräben, Straßen, er forscht nach dem Altar, wenn er den Tempel hat, und findet seine Spur schon irgendwie angedeutet in der Ruine, Brandstellen ziehen seine Aufmerksamkeit an, er unterscheidet Feuersbrunst und Kalk- oder Ziegelofen schon an geringen Zeichen der Oberfläche, er beurteilt an dem Auftreten bestimmter Stein- oder Ziegelsorten, an kleinen Marken oder an der Bearbeitungsart schon ziemlich genau die Epoche, in der er sich befindet, liest Scherben und alle möglichen harten Kleinigkeiten auf, die dem Zahn der Zeit widerstanden haben und an der Oberfläche umherliegen und kombiniert sie mit dem, was seine technischen Beobachtungen ihm ergaben. Tritt dann die Grabung hinzu, so werden ihm Eigentümlichkeiten der Grundrißbildung und der Aufbauten, Anklänge an bereits Bekanntes weiterhelfen, wenn nicht die Steine selbst zu reden beginnen und ihre Inschriften ihm sagen, was er vor sich hat.

Doch genug nun von dem, w a s die Ausgrabung bringen kann, unsere Hauptfrage ist: W i e gräbt man aus?

Da kann man sehr verschiedene Antworten hören, und es ist lehrreich, sie zu hören, bevor wir selbst eine geben: ich lernte einen Ausgräber kennen, der mir verriet, daß es zwei Arten auszugraben gäbe: eine v e r t i k a l e, um Funde zu machen, und eine h o r i z o n t a l e, um Architektur zu suchen. Die letztere sei zu kostspielig, deshalb würde er die erstere anwenden. Ein anderer Ausgräber befolgte die m a g i s c h e Methode. Er nehme einen Stein und werfe ihn hinter sich. Da wo er liegen bleibe, grabe er und finde Tontafeln, für die er sich besonders interessierte. Berüchtigt aber ist die Grabungsmethode, welche einmal auf Delos angewendet worden sein soll: Sprengen!

Leider kann nicht verschwiegen werden, daß auch bei uns im gelehrten Deutschland römische Ruinen gesprengt wurden, ohne daß sie vorher genügend untersucht und aufgenommen worden waren.

Man hat die Ruinen fast in allen Ländern staatlich geschützt, aber trotzdem läßt man noch fast überall ungeeignete Leute auf sie los, Leute, die auf vorgefaßte Ziele losgehen und alles andere vernachlässigen oder zerstören, die geschichtliche Zusammenhänge vernichten statt sie zu retten. Berufen fühlt sich mancher, der es nicht ist, mancher, der am Studiertisch zwischen archäologischen, geschichtlichen und ästhetischen Büchern ein glänzender Forscher sein mag, der aber den technischen Aufgaben der Grabung hilflos wie ein Kind gegenübersteht, auch wenn er glaubt, er löse sie kinderleicht. Es hat Archäologen gegeben, die ihre Kräfte richtig einschätzten und sich mit einem Architekten verbanden, wenn sie vor die Monumente und in die Ausgrabungen traten. Aber sie sind selten. Die es nicht tun, erkennen wir leider gar zu leicht an der Art der Mitteilungen, die sie uns in Wort und Bild von Bauten machen. Mit Schrecken sehen wir sie in Syrien, Palästina, Kleinasien und Babylonien am Werke der Zerstörung, ich fürchte aber fast, es gibt ihrer auch anderswo. Die Leitung einer Ausgrabung ist keine romantische Angelegenheit, als welche sie oft angesehen wird. Sie muß schon für eine richtige Organisation und Ausrüstung sorgen, wenn das Werk gelingen soll. Bald hat man mit zu geringen Mitteln zu große Objekte in Angriff genommen und in allzu kurzer Zeit dann mit allzu vielen Arbeitern, aber mit einem viel zu kleinen Stab wissenschaftlicher Kräfte — meistens fehlt es an Architekten für die ordentliche Aufnahme — mangelhaft durchzuführen versucht, was mit richtiger Kräfteverteilung hätte gut gemacht werden können. Wir hören von Ausgrabungen, bei denen man die allernötigsten Meßinstrumente mitzunehmen vergessen hatte, oder bei denen fehlerhaft konstruierte Instrumente von der Leitung mitgebracht wurden. Wir sehen mit Entsetzen in einem sonst schön klar herausgekommenen Stadtplan weiße Flecken, die nicht höheren Gewalten ihr Dasein verdanken, sondern der Tätigkeit eines Ausgräbers, der vergessen hatte, jene Stellen des Stadtgebiets, bevor er sie tieferen, ihn mehr interessierenden Schichten zuliebe vernichten ließ, ordnungsmäßig aufzunehmen! Wir hören von Ausgrabungen, aus denen drei verschiedene Beobachter drei verschiedene Fundangaben für einen und denselben wichtigen Fundgegenstand machen, der in sicherer Beziehung zu historischer Schicht und zu einem datierten Tempel stand, wo also keinerlei authentische Architekturaufnahme vorliegt, sondern dem Kunsthistoriker überlassen bleibt, den wichtigen Fund, als sei er bei einem Antikenhändler gekauft, typologisch, nur durch Vergleichen mit sonst Bekanntem einigermaßen einzuordnen. Es ist überhaupt in allerneuester Zeit beinahe die Regel, nicht die Ausnahme, daß die Bauten in der Ausgrabungspublikation unzureichend, oft sogar wirklich schlecht davonkommen. Sieht man nach, weshalb, so fehlt es immer an archäologisch geschulten Architekten, der entweder mit fadenscheinigen Gründen gespart worden ist, oder fehlte, weil man keine passende Persönlichkeit fand. Das liegt aber hauptsächlich daran, daß dem ausgrabenden Architekten heute mehr als je sein Fortkommen in Beruf und Leben erschwert ist. Die Wissenschaft muß sich dann entweder mit grotesken Darstellungen von Bauten oder mit unmöglichen Ergänzungen und unkontrollierbaren Schematen zufrieden geben. Ich will nur ein ganz schlimmes Beispiel nennen: Die Ausgrabung des großen



Abb. 1. *Fliegeraufnahme von Ur.*

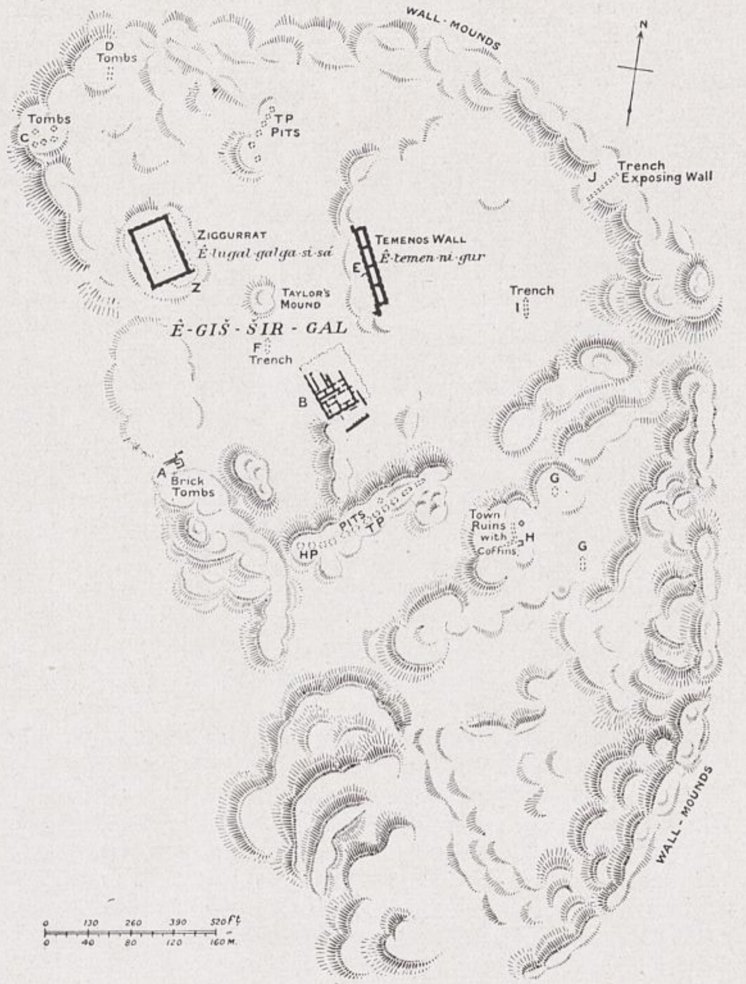


Abb. 2. *Plan von Ur.*

ägyptischen Nationalheiligtums, des Osiris-Tempels zu Abydos, wo aus den 3000 Jahren von der frühgeschichtlichen bis zur römischen Zeit alle Epochen vertreten waren. Des Ausgräbers Verdienste um die ägyptische Altertumswissenschaft sind sehr groß, aber eine so dürftige Darstellung, wie sie uns hier auf wenigen Seiten beschreibenden Textes, auf vielen, aber mit mageren Liniengebilden bedeckten halbleeren Tafeln geboten wird, und auf einer zweiseitigen Tabelle, die die Querschnitte ersetzen soll und nichts enthält, als Schichthöhen-Angaben in engl. Zoll, das k a n n nicht das Ergebnis getreuer, sorgfältiger Erforschung einer so ehrwürdigen Stätte sein. Die Aegyptologen trauern um diesen unwiederbringlichen Verlust; wir wissen so gut wie nichts über das ehrwürdige Heiligtum.

Doch genug davon: Wir wollen versuchen, den Gang der Ausgrabungsarbeit kurz zu schildern. Zu den notwendigen Vorarbeiten gehören: Das Werben um einen Interessentenkreis und um das Geld, das nun einmal zu allererst und in nicht zu geringer Menge zu einer Ausgrabung gehört, die Grabungskonzession und die Bodeneigentumsregelung, die meistens mit großem diplomatischem Geschick erreicht werden müssen, die Reise zum Grabungsort und die Installation, das geschickte Anwerben von Arbeitern. Nun kann die eigentliche Grabung beginnen. Es ist ein historischer Moment! Das empfindet jeder, der einmal eine größere Ausgrabung verantwortlich beginnen mußte. Den einen macht er stolz, den anderen freudig, den dritten so gerührt, daß er sich auf einen Stein setzt und weint. Ich selber, um das bescheidentlich zu berichten, hatte in dieser Lage noch ein anderes Gefühl, und das war Angst. Es war die Angst der Verantwortung, die Ehrfurcht vor dem Geschichtlichen.

Denn Erde und Schutt wegschaufeln, dieses so einfach aussehende Geschäft, ist eine maßlos gefährliche Sache. Den kahlen Hügeln, die ich damals in die Hand gedrückt bekam, sah man nicht an, was sie bargen. Sie sollten nun tagtäglich mit so und so vielen Hacken und Schaufeln zerhackt und zerkratzt werden, und jeder Hackenschlag nahm nicht Erde, sondern ein Stück Geschichte weg, auf immer und für ewig wurde etwas geschichtlich Gewordenes zerstört. Das ist nun eben die ungeheure Verantwortung, die der Ausgräber auf sich lädt und die so sehr auf ihn drückt. Zerstört durfte nichts werden, was ich nicht gesehen, verschwinden durfte es nur mit meiner Billigung, nachdem ich mir gemerkt hatte, was es war. Alles was ich so sehen würde, steht im Zusammenhang mit einem Daneben, Darunter, Darüber. Ueberall muß es Anschlüsse geben und sinnvolle Verbindung. Nicht einen wüsten Knäuel von Einzelheiten, sondern ein klares geschichtliches System mit tausenden von lebendigen Beziehungen sollte ich schauen. So begreift man wohl die Angst, mit der ein Befehl zum Wegschlagen gegeben wird, zu dem vom Nichtfachmann so beliebten raschen „Schuttwegschaufeln". Das kann nicht langsam genug geschehen, und jeder Ausgrabungsbericht, der sich großer Schnelligkeit rühmt, ist äußerst verdächtig!

Jedoch bei solchen Gefühlen kann man nicht lange stehen bleiben. Man muß sich entscheiden: Wo, wie breit, wie tief soll gegraben werden, an welcher Stelle der Ruine, der Länge, Breite und Höhe nach befindest du dich? Diese beiden einfachen Fragen verlangen vom Ausgräber bereits, daß er sich in zwei Teile zerlegen soll. Mit dem einen soll er die Arbeiter anstellen und beaufsichtigen, was bei ihnen herauskommt, mit dem anderen soll er eine Planaufnahme machen. Wer das nicht kann, braucht einen zweiten Mann, besser noch: zwei weitere Männer, die im Grunde das gleiche können müssen, wie der erste. Denn die Planaufnahme erfordert, wenn sie rasch und gut werden soll, zwei tüchtige Geodäten.

Beaufsichtigung der Arbeiter und der Befunde aber erfordert Ablösung oder bei größeren Unternehmungen ebenfalls Hilfskräfte. Ergebnis also: Genügend viele Bearbeiter in die Grabung schicken! Es ist stets ein grober, nie wieder gut zu machender Fehler, wenn die Zahl der Arbeiter, d. h. das Arbeitstempo in einem Mißverhältnis zur Anzahl der wissenschaftlichen Bearbeiter steht. Gewöhnlich werden deren zu wenige geschickt.

Es läßt sich nirgends sparen bei diesen grundlegenden Arbeiten. Man hat z. B. geglaubt, man könne die erste Planaufnahme der vorgefundenen Ruine durch eine Fliegeraufnahme ersetzen. Das war irrig. Hat man die Möglichkeit, Fliegeraufnahmen machen zu lassen, so versäume man sie ja nicht. Man kann ihnen sehr oft mehr ansehen, als ein noch so sorgfältiger Gang über die Ruinen bringen würde. Aber eine hinreichende Grundlage für die Arbeit ist das Fliegerbild schon deshalb nicht, weil es eine Zentralprojektion ist und darum verzerrt und nicht maßstabgerecht. Das können wir für das Eintragen der freigelegten Bauten nicht brauchen. Es ist notwendig, so schnell wie möglich den Plan aufzunehmen! Jetzt genügt nicht mehr ein rasch entworfenes Reise-Kroki, jetzt muß man sich verlassen können auf das, was dargestellt ist. Der kleine Plan von Ur (Abb. 2) genügt z. B. nicht, er wird schon durch die gute Fliegeraufnahme (Abb. 1) desavouiert.

Wie wir solche Aufnahmen meinen, zeigt z. B. Koldeweys Plan von der Ruine Kasr in Babylon (Abb. 3), die, wie wir wohl wußten, das Königsschloß bedeutete, die aber doch wie ein kleines Gebirge aussah, dessen Tiefen und Höhen schon von vornherein Fingerzeige auf die künftige Entwicklung der Grabung gaben. Man sieht schon, wie sich die Mauern des Palastes beginnen herauszuschälen. Wie hier zeigt auch der Plan des Merkes eines Teils der Wohnstadt in Babylon ein Hügelgelände, bei dessen Darstellung uns viel auf die plastische Wirkung ankam (Abb. 4). Wir können uns nicht mit abstrakten Schichtlinien begnügen, die zwar richtig aber auch reichlich geist- und leblos sind. Wir zeichnen den Plan für das Auge nicht Anwesender, denen er wie das Fliegerbild körperlich wirken soll, dabei aber orthometrisch! Unerläßlich ist auf jedem Plan ein Koordinatensystem, ein Quadratnetz! Das brauchen wir zu jeder Ortsbestimmung bei der Grabung. Das Netz auf dem Papier nützt mir aber wenig, wenn es nicht auch in natura auf der Ruine ausgelegt wird, d. h. wenn ich die Quadrate auf der Ruine nicht wiederfinde. Ich stecke mir also mindestens die Schnittpunkte im Gelände ab. Statt der Quadrate können natürlich auch genau gebaute rechteckige Gebäude, wie man sie in griechischen und hellenischen Städten in Gestalt von Tempeln, Märkten, Palästren findet, als Koordinaten genommen werden. Die Funde sollen ja auf etwas Festes bezogen werden, nicht auf den Arbeiter Müller oder Abdalla, der morgen wieder anderswo steht, auch nicht auf einen vagen Begriff wie Mittelkuppe oder Schlammkuhle, sondern eben eindeutig auf den Schnittpunkt dreier Achsen. Zwei von diesen drei Achsen ergibt der Lageplan, die dritte das Nivellement, das gleichzeitig mit der Aufnahme fertig werden muß.

Hierzu gehören einige Instrumente, die dem Nichttechniker einiges Mißbehagen zu verursachen pflegen: das sind Nivellierinstrument, Tachymeter oder Theodolit, Diopterbussole, Stahlbandmaß, Winkelspiegel, Lot. Ganz automatisch hängen sich nun alle herausgegrabenen Bauten und Funde in die Maschen unseres Netzes ein. Die Triebfeder dieses Automaten ist aber immer noch der Forscher. Im einzelnen arbeitet sich ein jeder seine eigenen Methoden und Manipulationen aus. Einen Grundsatz jedoch müssen alle anerkennen: das Eintragen des Aufgenommenen hat in der Natur zu erfolgen, nicht zu Hause am bequemen Zeichentisch; dort trägt man sich nur die genauen Dreiecke der Triangulation auf und rechnet seine Nivellements aus. Die Tatsachen des Befundes kann man nur auf, über und neben ihnen stehend zeichnen, ohne sich und damit auch



Abb. 3. Babylon, Ruine Kasr. Plan von Koldewey.



Abb. 4. Babylon, Teil der Wohnstadt. Plan von Merkes.

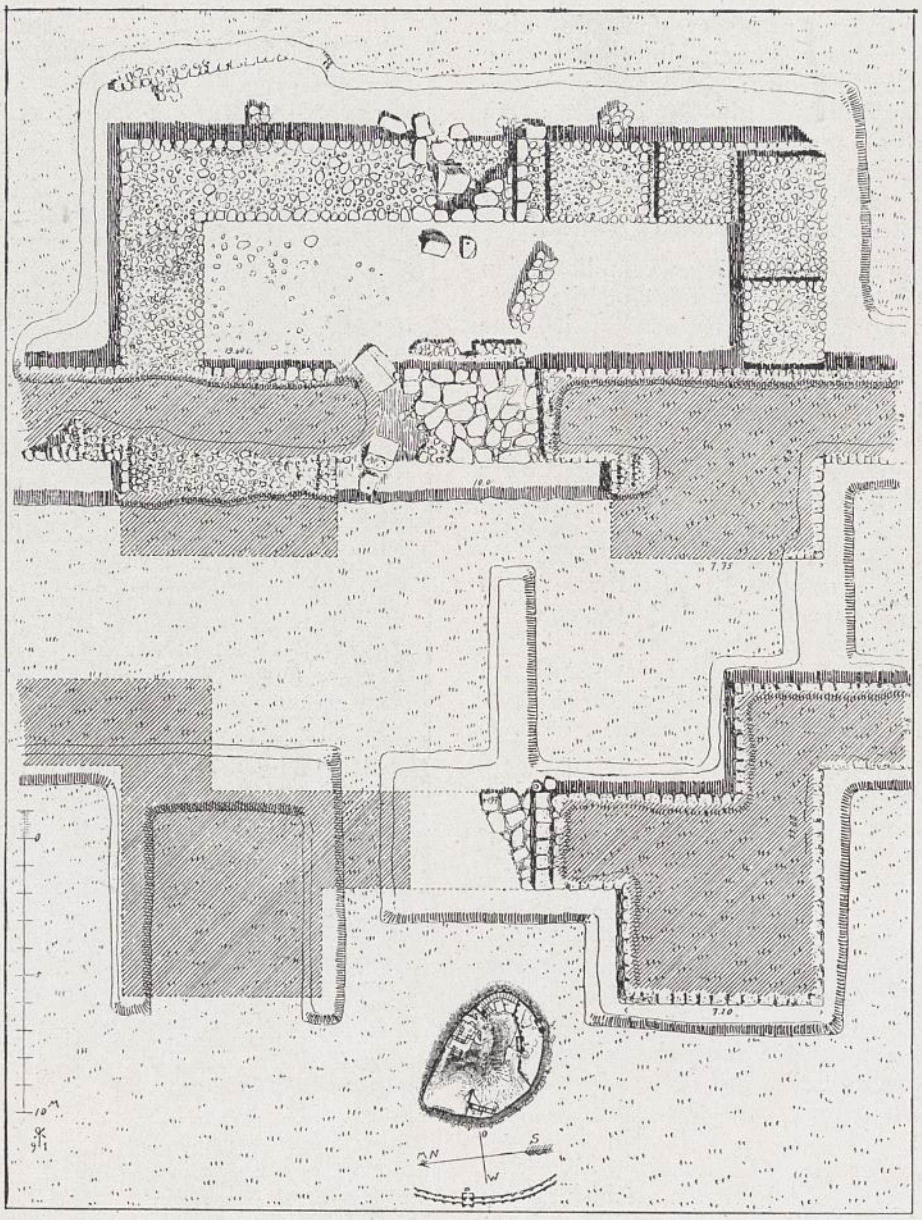


Abb. 5. Sendschirli, Aufnahme Koldewey von einem Tore.

die Mitwelt zu täuschen. Diese Zeichnung ist eine Orthogonalprojektion von oben gesehen, d. h. an jeder Stelle befindet man sich genau senkrecht über dem gezeichneten Punkt. Wir erhöhen die Wirkung dieser Zeichnung gern, indem wir sie schattieren. Unsere „Sonne" scheint immer aus der gleichen Richtung und wirft immer Schatten, die die Länge der Höhe des Gegenstandes haben. So projizieren wir also die dritte Dimension in unser Bild, die sonst nur durch eine zweite Zeichnung, den Schnitt darzustellen ist (Abb. 5).

Schnitte sind ebenso wichtig, oft überhaupt das wichtigste der Aufnahme. Sie sind das Abbild der Schichtung, in ihnen wird die Wirkung der Geschichte des Ortes graphisch versinnbildlicht, und zwar nicht bloß in unserer Zeichnung, sondern auch in der Grabung selbst. Fast jede Grabung beginnt mit solch einem Schnitt, wie der Anatom seine Sektion mit dem Schnitt beginnt, der ihm die Struktur des untersuchten Gliedes zeigen soll. Es gibt Ausgrabungskünstler, die solche Schnitte mit feinem Takt herauszupräparieren verstehen, andere verstehen es, sie möglichst unklar und unübersichtlich zu legen. Manche glauben, ihrer Pflicht zu genügen, wenn sie alles recht schön photographieren. Damit geht es, wie mit der Fliegeraufnahme. Es ist durchaus notwendig, daß man es tut, es ist aber auch durchaus unzureichend, wie man sich bei einem Vergleich des gezeichneten Schnittes und eines photographierten überzeugen kann (Abb. 6 und 7). Zu dem Fehlen des maßstäblichen kommt die mangelnde Klarheit, alles wird grau in grau, selten kommt ein Schnitt klar heraus im Lichtbild.

Die ersten tastenden Versuche sind nun vorüber, man weiß Bescheid und breitet sich aus. Ein großer Bau wird freigelegt. Das ist nun das, was wir eigentlich gesucht haben. Wir werden freier, behandeln ihn nicht mehr so abstrakt, sondern als ein Individuum mit eigenen Gesetzen und Maßen. Wir suchen seine Umgebung auf, lernen seine Nachbarn kennen, erfahren wie man zu ihm gelangte, kurz: erkennen nach und nach, was er im Leben seiner Zeit bedeutete, teils aus ihm selbst, teils aus dem, was in ihm und um ihn herum gefunden wurde. Dies letztere macht uns noch reichlich Mühe: Es gilt zu bergen, zu konservieren, zu inventarisieren. Hier bewährt sich nun die Sorgfalt der Ortsangabe, denn nur durch sie gewinnen wir die Sicherheit darüber, was zeitlich zusammengehört. Es kommt die Darstellung und Beschreibung dieser kleinen Dinge. Diese liebevolle Behandlung aller kleinen Funde hat sich fast stets gelohnt, schon deshalb, weil man sie dadurch gegen Verlust und Verderb versicherte. Vieles, was Euphrat, Tigris, Meeresfluten, Feuersbrünste, Unverstand und Kriegsnöte, schließlich auch die säurereichen Lüfte der Großstädte vernichtet haben, ist durch gute Darstellung gleich beim Finden erhalten geblieben. Gar nicht aufschieben sollte man auch die liebevolle Aufnahme der Bauwerke. Ja, in sehr vielen Fällen erwächst dem Ausgräber auch die Pflicht der Konservierung dieser gewaltigsten aller Funde. Man wird bald



Abb. 7. Assur, Archaische Ischtartempel. Aufnahme 6671.

die großen Architekturteile in unseren Berliner Museen sehen, die hier vor dem Untergang bewahrt werden sollen. Wenn die örtlichen Verhältnisse es gestatten, muß man aber auch an Ort und Stelle versuchen, vor weiterem Verfall zu schützen, was nur irgend zu schützen ist. Wir kommen damit in das heikle Gebiet der Denkmalpflege, das namentlich in den Ländern der großen Steinbauten liegt. Ich erinnere an die Versuche der griechischen Regierung, den Parthenon wiederaufzurichten, an die Hebung des gewaltigen Schlußsteins an der Tür des Bacchustempels in Baalbek, an die Wiederherstellungen im Ammontempel zu Karnak.

In den Lehmruinen des Ostens und in den Erdburgen Germaniens gilt es hingegen, durch die Zeichnung zu konservieren, was man vorgefunden hat. Denn das Original ist dem Untergange geweiht. Man kann es nur durch Wiederverschütten für künftige Zeiten und Forscher aufbewahren. Außerordentlich begrüßenswert sind auch Modelle, die man gleich bei der Ausgrabung anfertigen läßt. Doch ersetzen auch sie natürlicherweise nicht das erläuternde Wort und die erklärende Zeichnung.

Endlich kommt die letzte große Aufgabe, die dem Bauforscher zufällt: Wiederbelebung! Schon in der Art der Darstellung des Vorgefundenen kann der Strahl dieses Lebens gefunden werden, wenn sie von dem künstlerischen Geiste getragen ist, welcher vor jeder Wissenschaft besteht, ja ohne den Wissenschaft überhaupt ein hohles Gespenst bleibt. Jede Zeichnung Robert Koldeweys trägt dieses Kennzeichen (Abb. 8). Es tritt die wundervolle Aufgabe an den Architekten heran, die Reste zu vereinigen, zu ergänzen, wiederaufzubauen im Bilde und den Dingen, wenigstens versuchsweise, die Gestalt wiederzugeben, die sie dereinst in ihrer Blüte gehabt haben. Eine Aufgabe, die nur der löst, welcher sich in harter Selbstzucht hält. Denn hier handelt es sich nicht um Sensation und Filmwirklichkeit, sondern um Treue und Wahrheit, und es kann unter Umständen besser sein, zu schweigen und zu unterdrücken, was man meint, als etwas Ungewisses in die Welt zu setzen und für bare Münze, d. h. für vermeintlich Echtes auszugeben.

Hier erhebt sich die große Forderung: Was geschieht mit all dem, was beobachtet, gesammelt, gezeichnet, dargestellt wurde? Wir taten es nicht, um es in den Tischladen zu verstecken, wir taten es für das Wissen um Geschichte und Kultur der Menschheit, und die Menschheit hat ihr Recht daran. Wir müssen also ans Licht mit unserem Stoff, wir müssen ihn veröffentlichen. Eine unbequeme Forderung! Wie gerne umginge man sie.

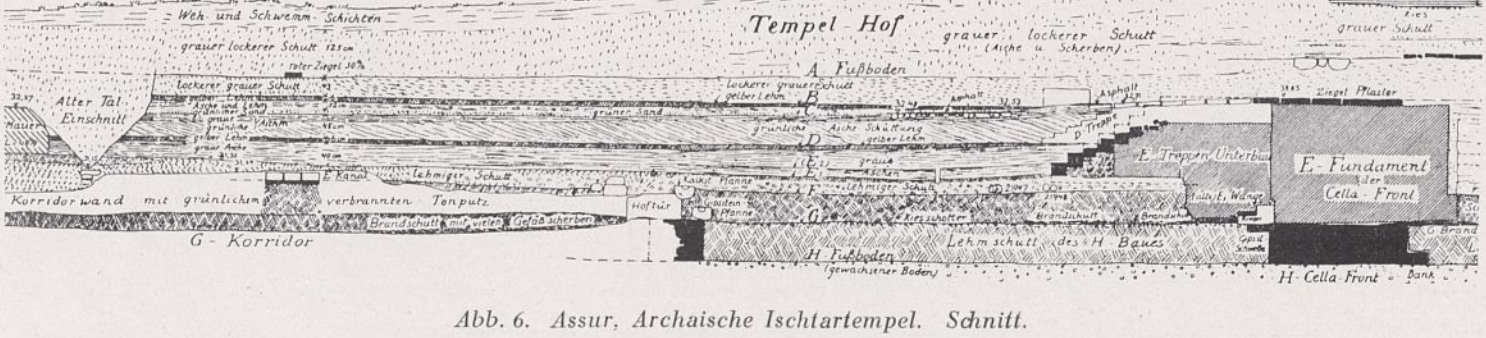


Abb. 6. Assur, Archaische Ischtartempel. Schnitt.

Bücher schreiben ist weniger lustig als Ausgraben, und die ersten Berichte über neue Funde kitzeln mehr als ernsthafte langatmige wissenschaftliche Erörterungen und genaue Darstellungen. Deshalb ist die größte Not jedes Ausgräbers das Nachspiel, und schwerste Pflicht jedes Auftraggebers und Unternehmers von Grabungen die Veröffentlichung. Aber sie dürfen nicht umgangen werden. Wer es tut, setzt sich dem Vorwurf der Zerstörung von Monumenten aus.

Zum Schlusse wird man fragen: Wer soll ausgraben? Wen werden wir mit der Leitung einer Ausgrabung beauftragen? Nach dem, was bisher gesagt wurde, wird das Ideal des Ausgräbers so aussehen: Es ist ein Mann, der dreidimensional veranlagt ist, kein Papiermensch, der nur in der Fläche denken kann; es ist ein Mann, der eine gründliche technische Durchbildung genossen hat, ein echter Architekt, es ist ein Mann, der die höchste Ehrfurcht vor dem Geschichtlichen hat, ein echter Archäolog, daneben ist er Diplomat, ist Menschenkenner, denn er muß sich in schwierigen Situationen durchsetzen, daneben muß er viel, wenn nicht alles von dem, was den Menschen angeht, wissen, und in seinem Innersten ist er Künstler, mit Augen, die ebenso hell auf die Umwelt, wie nach innen schauen.

Viele Menschen, die diesem Porträt gleichen, leben nicht auf dieser Erde. Man muß — leider — oft zum Kompromiß schreiten und ist leider oft auch allzu rasch zu einem Kompromiß bereit, bei dem die überragende Bedeutung des technischen Faktors aus Unkenntnis unterschätzt oder unberücksichtigt gelassen wird.

Es ist das unauslöschliche Verdienst von Richard Schöne, dem Archäologen, und Adolf Erman, dem Aegyptologen, die vor 30 Jahren den Architekten Robert Koldewey an die Spitze der großen mesopotamischen Ausgrabungen stellten, an der ihn die Männer der Deutschen Orient-Gesellschaft in nicht genug zu schätzender Treue gehalten haben. Das Ergebnis war: nicht nur das baugeschichtliche, sondern auch das archäologische System von Babylonien und Assyrien. Der Archäologe Michaelis sagt in seinem bekannten Buch über die archäologischen Entdeckungen des XIX. Jahrhunderts: „Erst seit der Teilnahme der Architekten ist unsere Wissenschaft auf sicheren Boden gestellt". Die Forderung, die wir an eine wissenschaftlich gut und richtig geleitete große Ausgrabung stellen, ist, es kann nicht oft genug wiederholt werden, maßgebende Beteiligung des wohlgeschulten Architekten an der Leitung der Ausgrabungen.

Es geht um Großes! Das Gewaltigste, was der Mensch physisch darstellen kann, ist der Bau. Er überwindet Höhe, Tiefe, Schwere, er türmt, wie chtonische Gewalten Unteres zu oberst. Das ist die sinnfällige Sprache einer Zeit, der Ausdruck eines ringenden Geistes. Hier liegt der innerste Kern der Bauforschung. Sie wäre nichts, wenn nicht jene Verbundenheit mit den irdischen Mächten und ihr Ueberwinden aus den Bauten spräche, der Geist der Bauten. Das ist es, was das Wort meint: Saxa loquuntur.

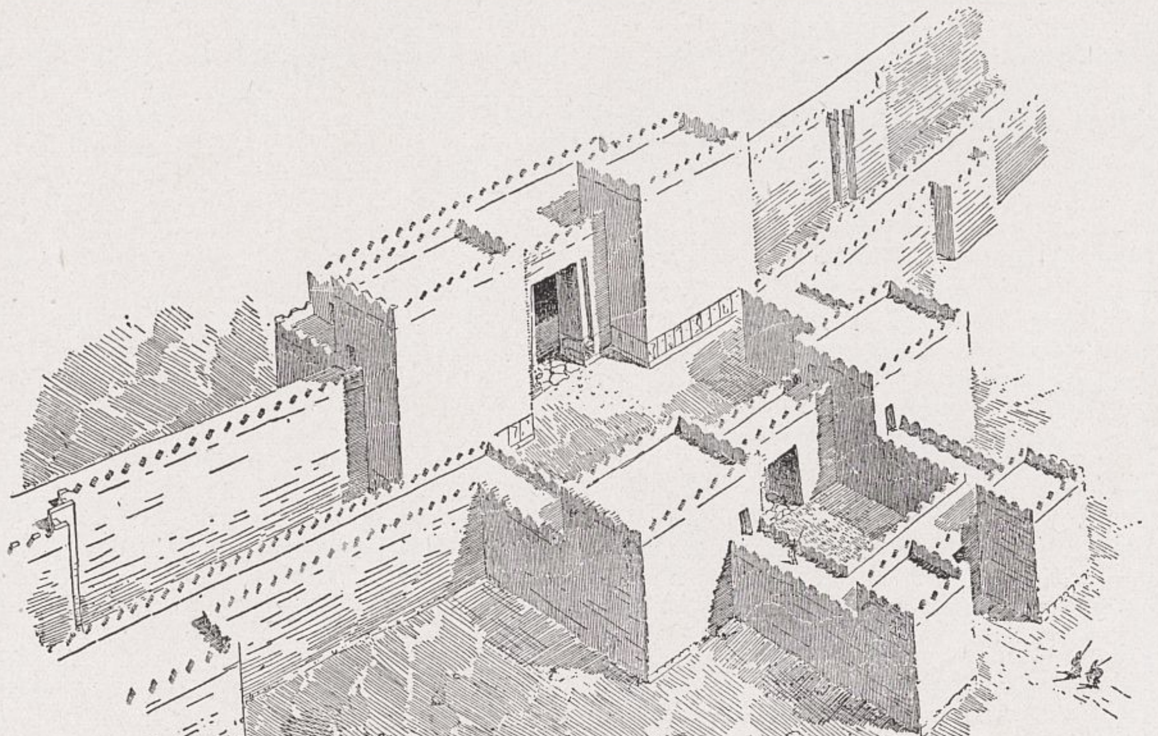


Abb. 8. Sendschirli, Südliches Stasttor.
Ergänzung von R. Koldewey.

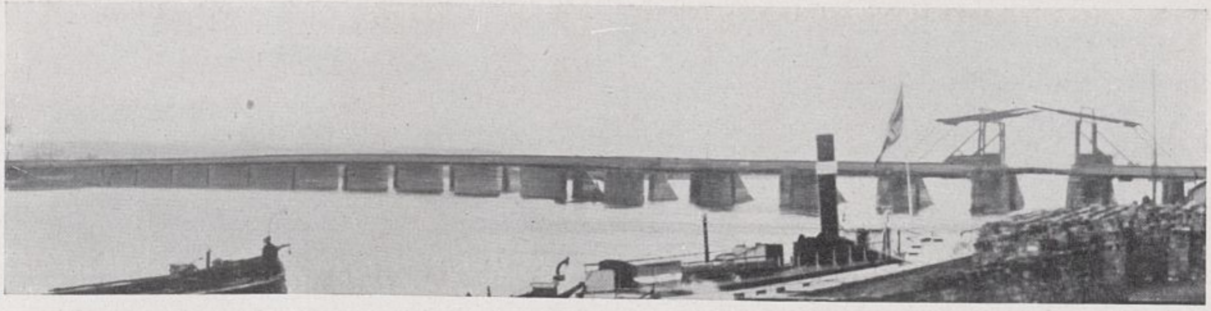


Abb. 1. Alte Schwedter Holzbrücke (erbaut 1838), vom Bollwerk unterhalb gesehen.

Die neue Straßenbrücke bei Schwedt über die Oder.

EIN BEISPIEL FÜR DIE AUSFÜHRUNG VON DRUCKLUFTGRÜNDUNGEN IN DER NORDDEUTSCHEN TIEFEBENE.

Von Regierungsbaurat Dr.-Ing. A. Freund, Leiter des Neubauamts für Brückenbauten in Schwedt.

Vorbemerkung.

Die in den Jahren 1926 bis 1928 durch den Preußischen Staat in Eisenbeton erbaute Straßenbrücke über die Hohensaaten—Friedrichsthaler Wasserstraße (früher Westoder) bei Schwedt weist einige Besonderheiten auf, die sich auf den Entwurf, die Gründung und die Ausführung des Brückenbaus beziehen und im folgenden geschildert werden. Hervorzuheben sind die für eine Bogenbrücke nicht günstigen Gelände- und Baugrundverhältnisse, die Anpassung des Bauwerks an das Landschaftsbild, die Gründung mittels des Druckluftverfahrens, insbesondere bei den beiden Landwiderlagern mit Schrägabsenkung ohne Führungen, der Schutz der Pfeiler und Widerlager gegen Betonschädlinge und die Anordnung von Beobachtungsvorrichtungen (Pendelschächte, Pendelmeßapparat). Schließlich wurden beim Bau der Gerüste zwei beachtenswerte Probebelastungen von eingerammten Holzpfählen angestellt, deren Durchführung und Ergebnis jedoch an anderer Stelle mitgeteilt ist.[1])

[1]) Zentralbl. d. Bauverw. 1929, S. 218 u. 293.

Vorgeschichte.

Von den vorhandenen drei Straßenübergängen auf der etwa 130 km langen Strecke des unteren Oderlaufes von Küstrin bis Stettin ist der bei Schwedt der älteste und geschichtlich wie wirtschaftlich bedeutsamste [2]). Das zwischen der Stadt Schwedt auf dem flachen Westufer und dem Dorfe Niederkränig auf dem hohen Ostrande etwa 3 km breite Odertal wird hier durch einen aus Brücken und Dammstrecken bestehenden Straßenzug durchquert, der die Kreise Angermünde und Königsberg i. N., bzw. die Uckermark mit der Neumark verbindet.

Im Jahre 1582 wurde der damals bereits vorhandene Schwedt-Niederkräniger Damm ausgebaut und mit Brücken versehen; nur die Verbindung mit der Stadt Schwedt über den vor dieser fließenden Hauptstrom der Oder wurde noch durch eine Fähre aufrechterhalten. Erst im Jahre 1682 wurde eine hölzerne Brücke über den Oderstrom im Auftrage der brandenburgischen Kurfürstin Dorothea durch den Baumeister Cornelius Ryquart er-

[2]) Weitere Uebergänge befinden sich bei Hohenwutzen und Greifenhagen.

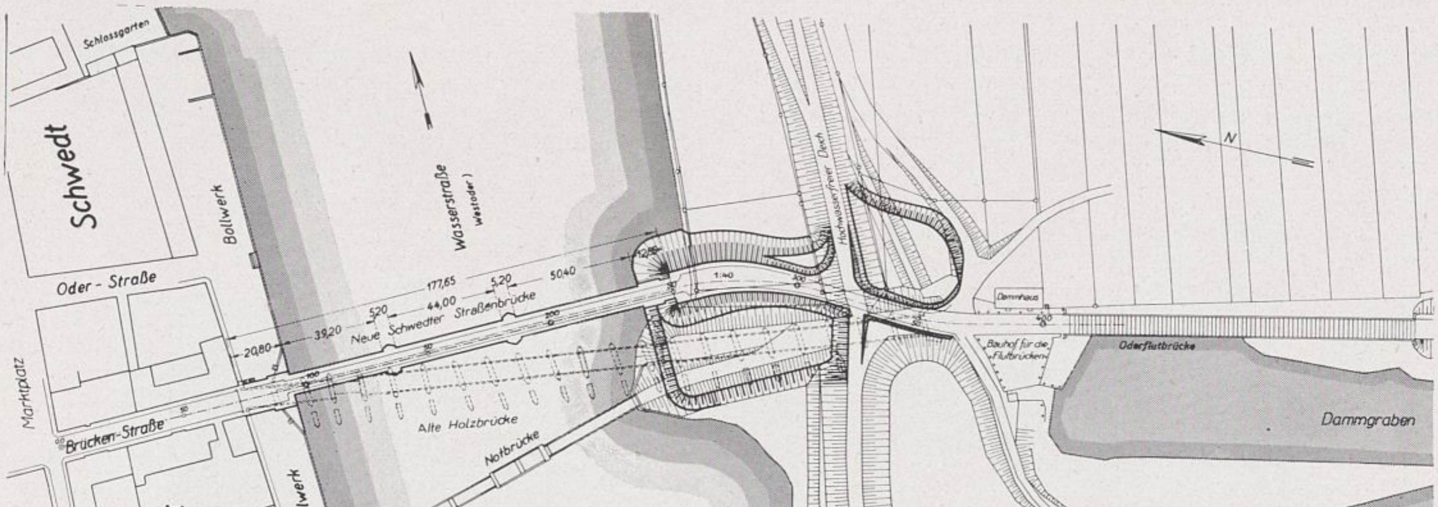


Abb. 2. Neubau der Straßenbrücke bei Schwedt, Lageplan. M 1: 3000.



Abb. 3. Behelfsbrücke oberhalb der alten Holzbrücke.

baut, der auch den Neubau des noch jetzt stehenden prächtigen Schwedter Schlosses leitete. Diese erste, aus hölzernen Pfahljochen bestehende Brücke wurde im Jahre 1736 durch ein außergewöhnliches Hochwasser zerstört. Markgraf Friedrich Wilhelm von Schwedt ließ sie wiederherstellen und den Kräniger Damm mit seinen Brücken weiter ausbauen. Im Siebenjährigen Kriege wurde die Brücke mehrfach zerstört und wiederhergestellt. Am 27. Oktober 1806 wurde die Holzbrücke von preußischen Truppen verbrannt, kurz nachdem Königin Luise mit ihren Kindern sie auf der Flucht nach Ostpreußen überschritten hatte. Von 1806 bis 1811 wurde eine Fährverbindung benutzt, 1811 wurde eine Schiffbrücke gebaut, die dem Vormarsch des napoleonischen Heeres gegen Rußland diente und über die gegen Ende des Jahres 1812 die aufgelösten Scharen der Ueberlebenden dieses Feldzuges zurückfluteten. Die Schiffbrücke wurde 1834 und 1837 durch Eisgang zerstört und im Jahre 1838 wieder durch eine feste hölzerne Pfahlbrücke ersetzt. Diese Brücke überschritt den Oderstrom mit 22 Oeffnungen in einer Gesamtlänge von 270 m. Die 18 im Strom stehenden Pfahljoche wurden durch hölzerne Eisbrecher geschützt. Für die Schiffahrt waren zwei Oeffnungen in der Mitte des Stromes eingerichtet; zum Durchfahren von Segelschiffen mit Masten war außerdem eine weitere, nach der Stadt zu gelegene Oeffnung als Klappbrücke ausgebildet (Abb. 1 und Abb. 2).

Durch die in den letzten beiden Jahrzehnten durchgeführte Oderregulierung haben die Abflußverhältnisse bei Schwedt wesentliche Aenderungen erfahren. Vor der Regulierung lag der Oderstrom bei Schwedt auf der Westseite des Odertales unmittelbar vor der Stadt. Nunmehr wurde der eigentliche Oderstrom von der Schwedter nach der Niederkräniger Tal-Seite verlegt. Die Wasserstraße vor Schwedt (Westoder) wurde im Zuge des Großschiffahrtweges Berlin—Stettin als Teil der Hohensaaten—Friedrichsthaler Wasserstraße kanalisiert und somit in ein stehendes Gewässer verwandelt. Für die Schwedter Brücke entfiel hierdurch die Notwendigkeit, sie in der früheren Gesamtlänge von 270 m, die durch den Hochwasserabfluß bedingt war, weiterbestehen zu lassen. Der im September 1911 durch einen Brand zerstörte östliche Teil der Brücke konnte somit durch einen 100 m langen Erddamm ersetzt werden. Der Ausbau der Schiffahrtstraße für 1000 t-Schiffe erforderte nunmehr dringend den Umbau des übrigen Teiles. Infolge des Krieges und der in der Nachkriegszeit eintretenden finanziellen Notlage des zur Unterhaltung der Brücke verpflichteten Preußischen Fiskus wurde der Neubau jedoch verzögert, bis eine im September 1924 vorgenommene Untersuchung die Baufälligkeit der Restteile der alten Holzbrücke und die Notwendigkeit ihrer sofortigen Beseitigung ergab. Es wurde daher im Winter 1925/26 mit einem Kostenaufwande von rd. 80 000 RM eine 136 m lange Behelfsbrücke etwas oberhalb der alten Holzbrücke errichtet. (Abb. 3 und Lageplan Abb. 2).

Die Reste der alten Holzbrücke wurden völlig beseitigt; gleichzeitig wurden die Vorarbeiten für den endgültigen Neubau so gefördert, daß im Frühjahr 1926 die Bauarbeiten ausgeschrieben werden konnten.



Abb. 4. Fahrbahn der alten Schwedter Holzbrücke.

Grundlagen des Entwurfs und der Ausschreibung.

a) *Allgemeine Anordnung.*

Es lag nahe, die ehemalige Oder an der Brückenbaustelle mit einem Erddamm zu durchqueren, in dem nur eine den Belangen der Großschiffahrt gerade genügende Oeffnung angeordnet wurde. Der Damm hätte aber das Landschaftsbild, das von dem der ehemaligen Preußischen Krone gehörigen Schwedter Markgrafen-Schloß beherrscht wird, zerstört. Da die Westoder meistens stromlos ist, mußte man auch befürchten, daß das stehende Wasser in den durch den Damm gebildeten toten Winkeln faulte und dadurch gesundheitliche Gefahren für die Stadt brachte. Ein Damm kam deshalb nicht in Betracht, vielmehr ergab die notwendige Einfügung der Brücke in das Landschaftsbild für die Gestaltung der Brücke die Forderung, daß sie möglichst tief über dem Wasser liegen und daher keine über die Fahrbahn hinausragenden Tragteile erhalten sollte. Auch sollte die Brücke, um mit dem Schloßbau und den am Schwedter Bollwerk stehenden Gebäuden zu harmonieren, möglichst in Stein oder in Beton ausgeführt werden. Daher wurde der Bau einer Eisenbetonbogenbrücke mit drei Oeffnungen in Aussicht genommen.

Während die alte Holzbrücke vom Ende der Brückenstraße aus in Richtung des Schwedt—Niederkräniger Oderdammes und der Oderflutbrücke schräg über den Strom führte, wurde die neue Betonbrücke in Verlängerung der Brückenstraße senkrecht zum Schiffahrtstrich gelegt und der Damm auf dem Ostufer mit einer schlanken *S*-Kurve angeschlossen. So wurde auch der Verkehr der wiesenseitigen Zufahrtsrampe der Behelfsbrücke während des Umbaus möglichst wenig behindert und schließlich die Möglichkeit geschaffen, die später ebenfalls neu zu erbauende Oderflutbrücke ohne eine besondere Notbrücke neben der alten errichten zu können (Abb. 2, Lageplan).

Die Höhenlage der Brückenfahrbahn ergab sich aus folgenden Bedingungen:

1. Das Längsgefälle sollte höchstens 1 : 40 betragen.
2. Der Anfangspunkt der Brücke am stadtseitigen Ufer durfte wegen der Toreinfahrten der anliegenden Grundstücke nicht mehr als 0,50 m gehoben werden.
3. Die Gesamtlänge der Brücke sollte etwa der Gesamtlänge der alten Holzbrücke nach dem Brande entsprechen.
4. Für die Schiffahrt mit 1000 t-Kanalschiffen mußte bei dem höchsten schiffbaren Wasserstande von NN. + 2,98 m ein Durchfahrtquerschnitt von mindestens 25 m Breite und 4 m Höhe vorhanden sein.

Die genannten vier Bedingungen führten dazu, die östliche, von der Stadt am weitesten abgelegene Oeffnung zur Durchführung der Schiffahrt bei Hochwasser zu bestimmen. Als höchster Punkt der Brücke wurde demnach der Scheitel des wiesenseitigen Bogens ausersehen. Eine weitere Folge dieser unsymmetrischen Anordnung war die, daß die Spannweiten der drei Bögen von der Stadtseite zur Wiesenseite zunehmen mußten, wenn die Bögen einander annähernd ähnlich sein sollten. So ergaben sich die drei Spannweiten von rd. 39, 44 und 50 m.

Bezüglich der Breiteneinteilung der Brückenfahrbahn war von der früheren Holzbrücke auszugehen. Diese besaß eine Gesamtbreite von rd. 7,5 m zwischen den gleichzeitig als Brüstung dienenden hölzernen Hauptträgern. Hiervon entfielen 3,75 m auf die Fahrbahn und der Rest zu gleichen Teilen auf die beiden Fußwege. Die Fußwege hatten einen einfachen, die Fahrbahn einen doppelten Bohlenbelag mit den üblichen Aufgleisungs-Verlängerungen (Abb. 4).

Bei der neuen Brücke wurde für die Breiteneinteilung der Brückenfahrbahn die Norm IV des DIN-Blattes 1071 mit einer 5,20 m breiten Fahrbahn, einem auf der Unterstromseite liegenden einseitigen 1,50 m breiten Fußweg und einem auf der Oberstromseite liegenden 0,50 m breiten Schrammbord, also eine Gesamtbreite von 7,20 m zu Grunde gelegt. Wegen der geringen Fußwegbreite war bei der Ausschreibung die Vorschrift gemacht worden, daß der Fußweg nicht durch einen Hauptträger von der Fahrbahn getrennt sein dürfte.

Für die Tragfähigkeit der Brücke wurde die Belastung nach Brückenklasse I der DIN 1072 mit einer 23 t-Dampfwalze, 9 t-Lastwagen und 500 kg/m² Menschengedränge vorgeschrieben.

b) *Baugrund- und Gründungsverhältnisse.*

Das Ergebnis der im Jahre 1925 vorgenommenen Bohrungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß unter der Flußsohle, die im mittleren Teil des Flußbettes 5 bis 6 m unter dem Mittelwasser (NN. + 0,50 m) liegt, eine bis zu 3,5 m starke Schicht feineren, mit Sinkstoffen, Muscheln u. dgl. vermengten Sandes abgelagert ist. Darunter folgt eine Schicht feinkörnigen, mit Steinen durchsetzten Sandes, der bei einigen Bohrungen bis NN. — 9,3 m reicht. Unter diesem liegen Schichten von Kiessand verschiedener Korngrößen. Der den Untergrund des diluvialen Odertales bildende Geschiebemergel ist unter der ehemaligen Westoder so tief ausgewaschen, daß er auch bei dem tiefsten Bohrloch (NN. — 22,2 m) noch nicht angetroffen wurde.

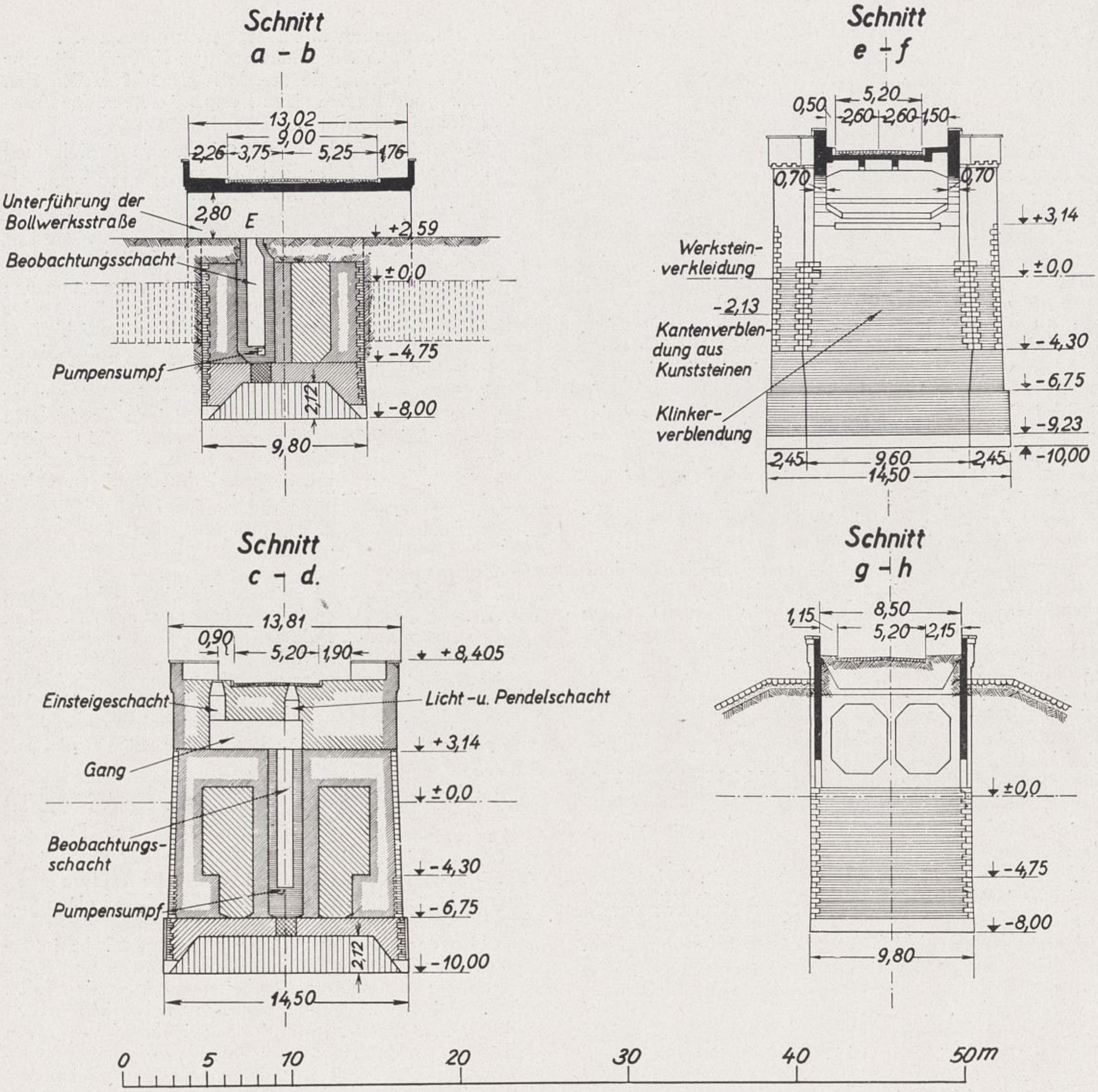
Die Flußsohle liegt beim stadtseitigen Pfeiler etwa auf NN. —3,50 m, beim wiesenseitigen etwa auf NN. —5 m. Als Gründungstiefe wurde auf Grund der Bohrergebnisse für diese beiden Pfeiler mindestens NN. —10 m und für die im flachen Wasser der Flußufer angeordneten beiden Widerlager mindestens NN. —8 m angenommen. Die Abmessungen der Pfeiler und Widerlager sollten so ermittelt werden, daß der Baugrund nirgends höher als mit 4,5 kg/cm² beansprucht wird.

Im Zusammenhang mit den Bohrungen waren auch mehrere Grundwasserproben aus den Tiefen NN. —15 bis —21 m entnommen und durch das Staatliche Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem in bezug auf Betonschädlichkeit begutachtet worden. Die chemische Analyse ergab einen Gehalt an SO_3 von 167 bis 324 mg/l und einen Gehalt an ungebundener CO_2 von 53 bis 103 mg/l. Nach dem Gutachten des Materialprüfungsamtes vom 15. Juni 1925 können die reichlichen Bestandteile an Sulfaten und freier Kohlensäure zu Zerstörungserscheinungen im Beton Anlaß geben. Bei der Gründung von Betonbauwerken in den vorliegenden Wasserverhältnissen sei daher vor allem darauf zu achten, daß nur dichte und fette Betonmischungen verwendet würden und daß der Beton erst dann mit dem Wasser in Berührung komme, wenn er gut erhärtet sei. Das Materialprüfungsamt empfahl ferner geeignete Schutzmaßnahmen, um auch in der Folgezeit das Flußwasser vom Beton nach Möglichkeit fernzuhalten.

Auf Grund vorstehenden Gutachtens wurde der Beton der Pfeiler und Widerlager allseitig gegen Betonschädlinge zu schützen gesucht und für die Gründungen nur das Druckluftverfahren zugelassen. Als Schutzmittel selbst wurde eine Ummantelung des Betons mit säurefesten und wasserundurchlässigen Klinkern in säurefestem Zementmörtel vorgesehen. Auch das Oderwasser ist durch die Einleitung der städtischen Abwässer dicht oberhalb der Brücke verunreinigt, so daß seine Verwendung zum Anmachen des Betons besser unterbleiben mußte.

Ergebnis der Ausschreibung.

Die Auschreibung fand in den Monaten April/Mai 1926 statt. Neben sechs Eisenbetonfirmen wurden sieben Eisenbauanstalten an der beschränkten Ausschreibung beteiligt. Die aufgeforderten Firmen sollten das Brückensystem und die Ausgestaltung nach eigenen Entwürfen anbieten. Jedoch sollten die Kämpfergelenke der Bögen wegen der Gefahr der Beschädigung durch Eisschub od. dgl. über dem höchsten Hochwasser (NN. + 2,98 m) liegen. Ferner sollten keine tragenden Bauteile über der Fahrbahn vorhanden



Zusammenstellung der größten Scheitel- und Kämpferdrücke der Bögen.

		Scheiteldrücke			Kämpferdrücke		
		Stadtseitige Oeffnung t	Mittelöffnung t	Schiffahrtöffnung t	Stadtseitige Oeffnung t	Mittelöffnung t	Schiffahrtöffnung t
Für beide Bögen zusammen	aus ständiger Last	626	646	656	692	733	772
	aus Verkehrslast ..	192	194	191	204	210	211
	Gesamtdruck	818	840	847	896	943	983
Hiervon entfällt auf	Bogen A stromauf ..	419	430	434	459	482	505
	Bogen B stromab ..	409	410	413	437	461	479

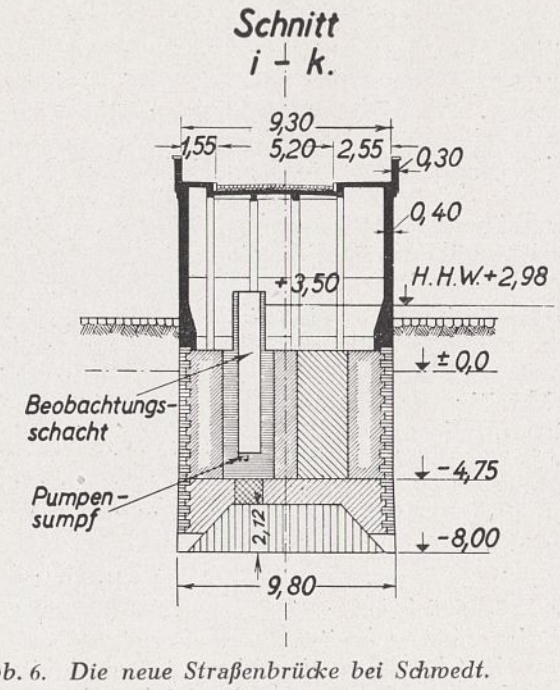
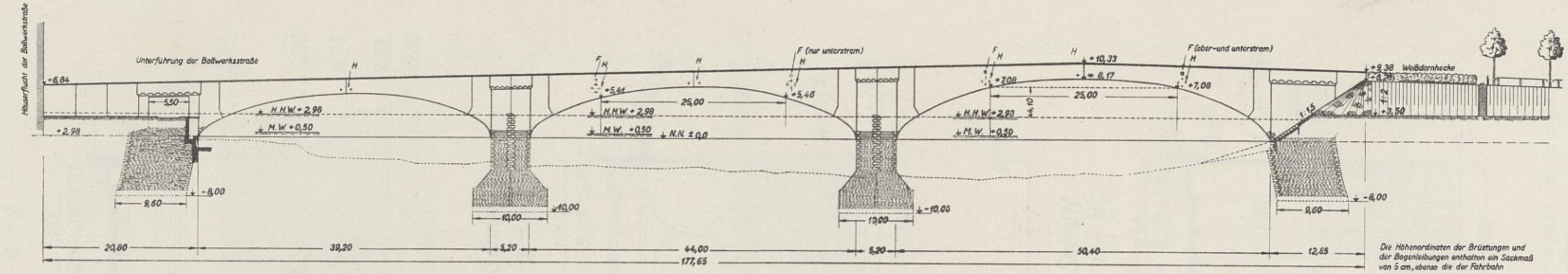
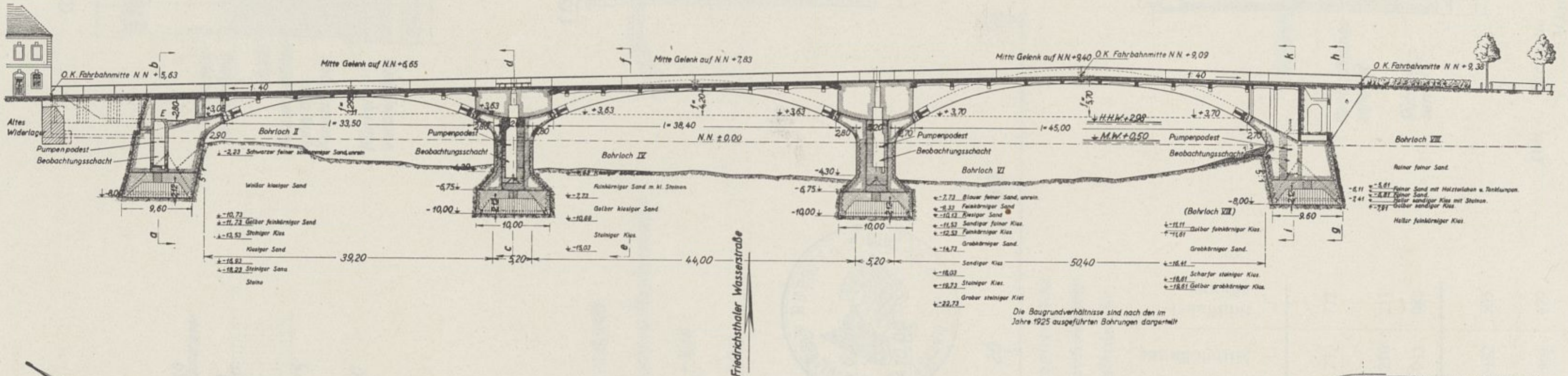


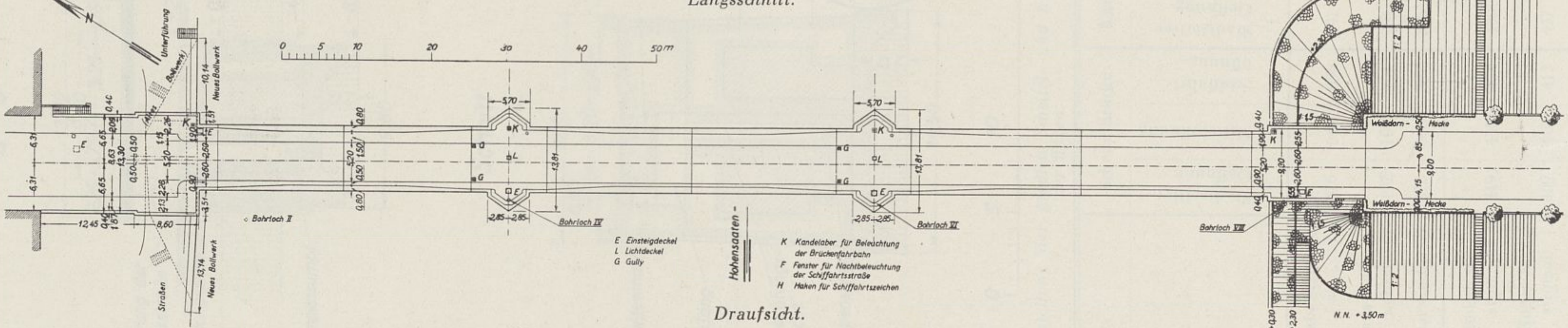
Abb. 6. Die neue Straßenbrücke bei Schwedt. Querschnitte.



Ansicht.



Längsschnitt.



Draufsicht.

Abb. 5. Ansicht, Längsschnitt und Draufsicht M. 1 : 1300.

DIE NEUE STRASSENBRÜCKE BEI SCHWEDT ÜBER DIE ODER.

sein. Einschließlich der Nebenangebote liefen über 20 Entwürfe ein. Ein näheres Eingehen auf diese verbietet sich wegen Platzmangels. Es ergab sich auf Grund der Angebotspreise, daß der bauwürdigste Eisenbetonbrückenvorschlag (Anbieter: Beton- u. Monierbau A.-G., Berlin) wegen der geringeren Unterhaltungskosten um ein weniges vorteilhafter war als der nach den gleichen Gesichtspunkten ausgewählte Vorschlag einer Brücke mit eisernem Ueberbau (Gerberbalken-Entwurf). Der Vorschlag der Beton- und Monierbau A.-G. wurde Ende Juli 1926 zur Ausführung bestimmt.

Allgemeine Beschreibung.
(Abb. 5 u. 6.)

Das Brückensystem wurde zum Ausgleich der Wärmespannungen und mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Pfeilerbewegungen als Dreigelenkbogen gewählt, wie es übrigens bei sämtlichen Eisenbeton-Entwürfen vorgeschlagen worden war. Der Schwerpunkt des Brückenentwurfs der Beton- und Monierbau A.-G. liegt in der Art und Weise der Erfüllung der beiden Forderungen, daß erstens die Kämpfergelenke der Bögen über dem höchsten Wasserstande liegen, anderseits keine tragenden Bauteile über die Fahrbahn hinausragen dürften. Dies wurde erreicht, indem die Kämpfergelenke auf Kragarme der Pfeiler und Widerlager gelegt und die Bögen in die seitlichen Brüstungen hineingeführt wurden (Abb. 5). Die drei Bögen sind entsprechend der Steigung der Brückenfahrbahn nach dem Grundsatz durchgebildet, daß die Horizontalschübe auf die beiden Mittelpfeiler infolge der ständigen Lasten sich ausgleichen sollen.

Mißt man die Bogenweiten auf der Höhe NN. ± 0, wo die Bogenansätze liegen, so erhält man 39,20 m für die stadtseitige Oeffnung, 44,00 m für die Mittelöffnung und 50,40 m für die Schiffahrtöffnung. Die Bögen haben eine Sollbreite von 70 cm. Ueber ihrem Rücken erhebt sich der Beton der Stirnwände, der in gleicher Breite wie der Bogen selbst bis zur Brüstung durchgeführt ist. Die rechnerischen Bogenhöhen betragen 1,20 bis 1,30 m. Da die Bögen in einem Arbeitsvorgang zusammen mit den Stirnmauern und auch aus derselben Betonmischung hergestellt sind, wirken sie statisch mit ihnen zusammen als Scheiben, so wie dies auch in der äußeren Erscheinung zum Ausdruck kommt. Die 1,10 m hohen Brüstungen sind dort, wo sie von den Bögen durchdrungen werden, ebenfalls 70 cm stark. Nach den Pfeilern und Widerlagern hin sind sie auf 30 cm Stärke verjüngt, so daß die beiderseitigen Fußwege dadurch um je 40 cm verbreitert werden (vgl. die Draufsicht auf die Brücke (Abb. 5). Innerhalb der Brüstungen, soweit diese nicht den tragenden Bogen bilden, sind in Abständen von etwa 2 m Fugen angeordnet, so daß die mittragende Wirkung des Stirnbetons in Höhe der Brüstungsunterkante aufhört. Abgedeckt sind die Brüstungen mit 15 cm starken Platten aus hellem, schlesischen, grobkörnigen Granit. Die Brüstungen sind außerhalb der Bögen aus statischen Gründen teils hohl, teils voll. Als Mischungsverhältnis für den Beton der Bögen und der Fahrbahn wurde auf Grund vorangegangener Versuche 1 Teil hochwertiger Zement : 3½ Teile Kiessand : 1½ Teile Granitsplitt verwendet. Die Außenflächen der Brücke erhielten keinen Vorsatzbeton, sondern wurden grob gespitzt, wobei die Farbwirkung der Zuschlagstoffe (gemischtfarbiger Granit aus märkischem Kies bzw. Findlingen) gut zur Geltung kam. Wichtig war hierbei, daß der Beton vor dem Beginn der werksteinmäßigen Bearbeitung genügend erhärtet war (acht Wochen), damit die Zuschlagstoffe durch die Hammerschläge in ihren lichtbrechenden Flächen gespalten und nicht aus ihrem Mörtelbett herausgeklopft wurden. Die sichtbaren Kanten der Bögen wurden etwa 5 cm breit scharriert.

Die auf Quer- und Längsträgern ruhende Eisenbetonplatte der Fahrbahn ist im allgemeinen 17,5 cm stark. Zur Durchführung von Kabeln und einer Wasser-

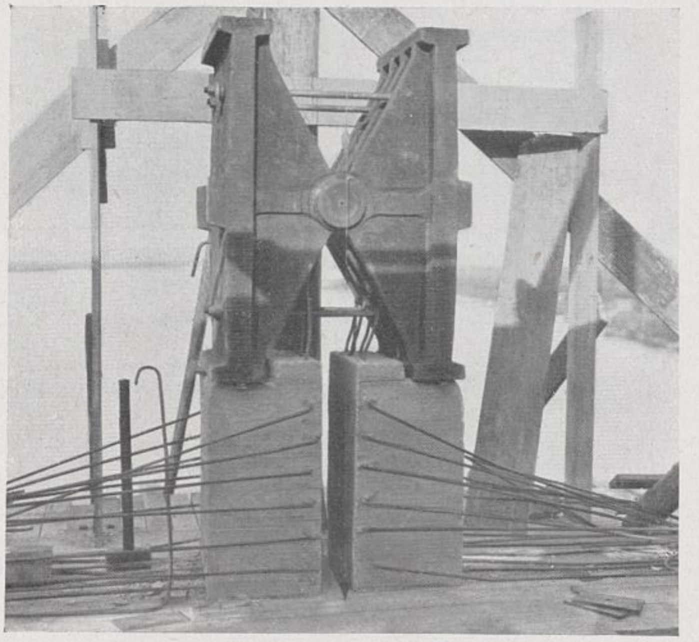


Abb. 7. Scheitelgelenk fertig verlegt.

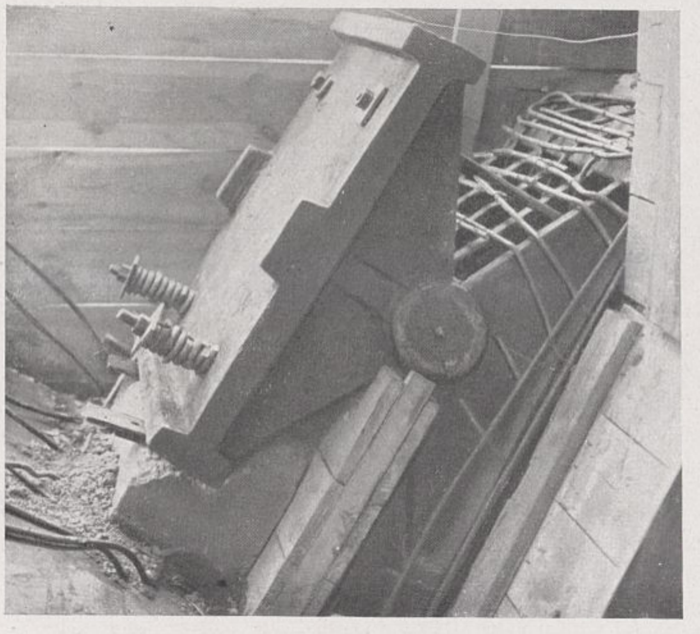


Abb. 8. Kämpfergelenk mit Schutzkapsel über dem Bolzenkopf.

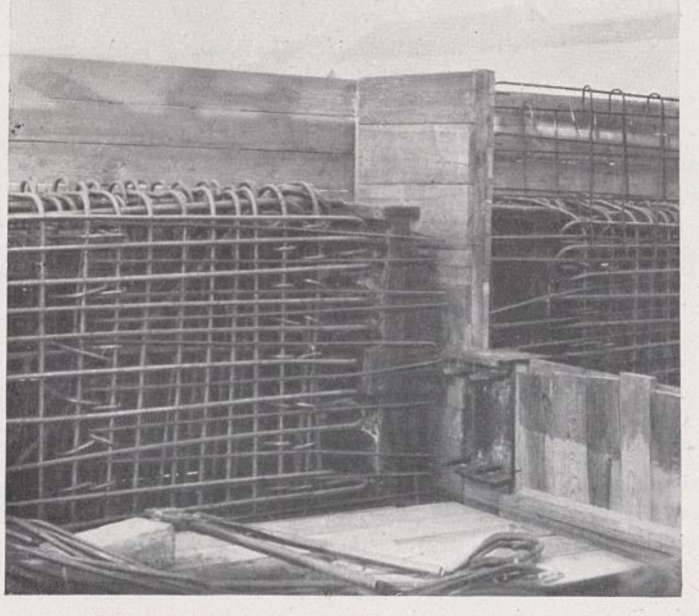


Abb. 9. Eisenbewehrung hinter dem Scheitelgelenk.

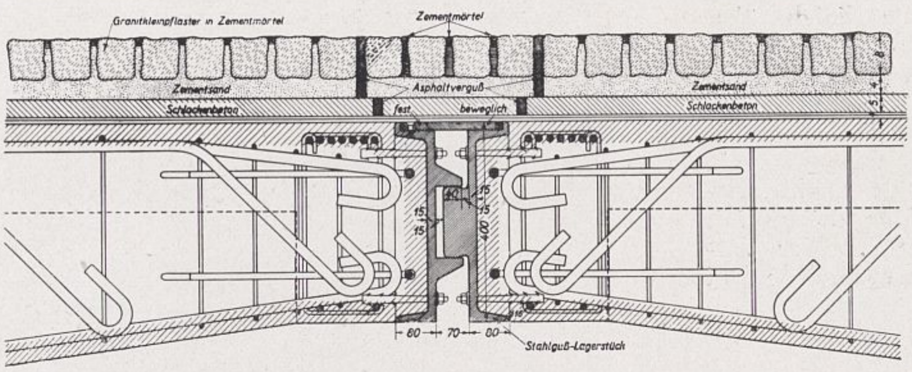


Abb. 10. Scheitelgelenk der Längsträger. M. 1:15.

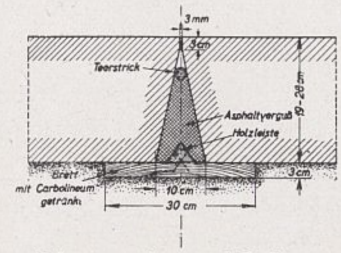


Abb. 13. Fugenabdichtung der Winkelstützmauer. M. 1:15.

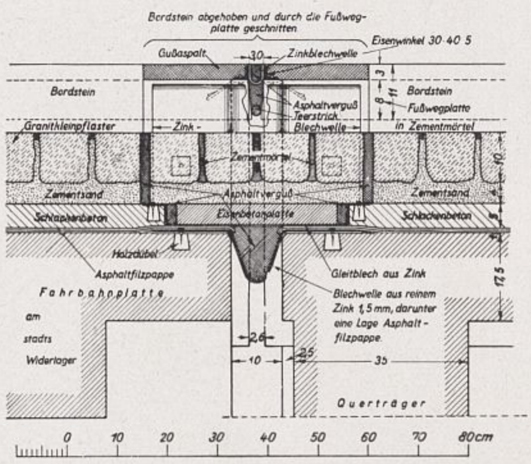


Abb. 11. Kämpferfuge der Fahrbahn und des Fußsteiges.

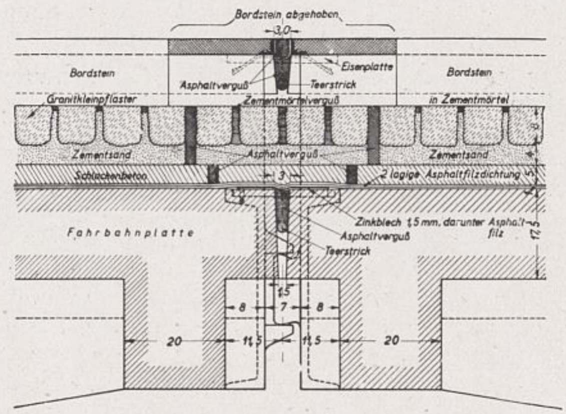


Abb. 12. Scheitelfuge der Fahrbahn und des Fußsteiges.

Abb. 11 bis 13. Fugenausbildungen.

leitung sind in den Querträgern unter dem Fußwege vier Kreisöffnungen von 100 mm ⌀ ausgespart. Zwischen den Querträgern, die in 5 m Abstand angeordnet sind, werden die Leitungen noch je zweimal durch Eisenbetonbalken unterstützt. Ein von oben zugänglicher Kabelkanal konnte nicht ausgeführt werden, weil er die in der Nähe der Scheitel liegenden Querträger, deren Eisenbewehrung wegen der beschränkten Bauhöhe schon ungewöhnlich dicht ist, zu sehr geschwächt hätte.

Der Fahrbahnbelag besteht aus 10 cm hohen Kleinpflastersteinen in Zementmörtel. Die Pflastersteine sind in einer 4 cm starken Schicht trockenen Zementsandes (Mischung 1 : 3) versetzt, der erst nach dem Abrammen des Pflasters angenäßt wurde. Die Fußwege sind mit 3 cm starkem Gußasphalt belegt. Zwischen dem Pflaster und der Eisenbetonkonstruktion ist eine doppelte Asphaltfilzdichtung angeordnet. Hinter den Bordschwellen ist zum Schutz der Kanten Asphaltjute statt Asphaltfilz verwendet. Ueber der Dichtung ist zu ihrem Schutz ein 5 cm starker Schlackenbeton (1 Teil Zement : 2 Teile Sand : 2 Teile gesiebter Schlacke) aufgebracht.

Da die größten Scheitel- und Kämpferdrücke bei den drei Bögen nur wenig voneinander abweichen (vgl. die Zusammenstellung auf S. 126), so sind alle Scheitelgelenke der Bögen und ebenso alle Kämpfergelenke gleich ausgeführt worden. Die Gelenke sind als Zylinderkipplager ausgebildet und bestehen aus zwei Rippenplattenkörpern von Stahlguß und einem Kippbolzen von Schmiedestahl. Abb. 7 zeigt ein fertig verlegtes Scheitelgelenk der Schiffahrtöffnung[3]), Abb. 8 ein fertig verlegtes Kämpfergelenk. Zur Verbindung mit dem Beton dienen die Rippen und Knaggen auf der Unterseite der Grundplatten, außerdem sind Eisenbügel korbartig um die Lagerkörper herumgeführt, die in den Hinterbeton eingreifen (Abb. 9). Die Verbindungsbolzen zwischen den Lagerhälften sind vor dem Ablassen der Bogenrüstungen durchgebrannt worden.

Im Gegensatz zu den rechteckigen Scheitelgelenken sind die Grundplatten der Kämpfergelenke quadratisch ausgebildet, um den Druck auf die Kragarme der Pfeiler und Widerlager besser in der Seitenrichtung zu verteilen. Infolgedessen treten hier zusätzliche Biegungsmomente senkrecht zu den Bögenmittelebenen auf. Um diese unschädlich zu machen, sind die Bögen an den Kämpfern durch kräftige Rippenbalken verbunden (Abb. 5), die zusammen mit den Bögen einen Rahmen bilden. Auch die Bögen erhielten als Rahmenglieder entsprechende Zusatzbewehrungen.

Um die neben den Scheiteln gelegenen Querträger von Verdrehungsbeanspruchungen zu entlasten, sind die konsolartig bis zur Scheitelfuge reichenden Längsträger durch Scheitelgelenke aus Stahlguß miteinander verbunden. Da die Drehachsen dieser Längsträgergelenke nicht mit denen der höherliegenden Scheitelgelenke der Bögen zusammenfallen, so führen die gegenüberliegenden Längsträgerköpfe gegeneinander außer den Drehungen auch Längsbewegungen aus, denen durch die Bauart der Gelenke Rechnung getragen ist. Durch die Wölbung der Lagerflächen sollen Kantenpressungen verhütet werden (Abb. 10).

Für die Gelenkfugen der Stirnmauern wurden beim Betonieren zunächst 10 cm weite Spalte offen gelassen. In diese wurden nach dem Ausrüsten der Brücke 2 cm starke imprägnierte Korkplatten eingesetzt; die Restspalte von jederseits 4 cm wurde mit Zementmörtel vergossen. Die Fugen machen sich in der Ansicht der Brücke als schwache Striche unauffällig bemerkbar[4]). Die Köpfe der Gelenk-

[3]) Bei der Schiffahrtöffnung mußte die Gelenkmitte höher als die Bogenmitte gelegt werden, damit der Bogenpfeil größer und dadurch der Horizontalschub verkleinert wurde.

[4]) Nach den bisher gemachten Erfahrungen empfiehlt sich die Schließung der Fugen durch Korkplatten nur in der Nähe der Gelenke, soweit die Fugenbewegungen $\gtrsim$ 0,5 mm bleiben. Das gleiche gilt auch für das Verstemmen der Fugenaußenseiten mit Weichblei. Die Schwierigkeit in der Fugenherstellung liegt

bolzen sind mit geteilten Kapseln überdeckt, so daß der Beton über ihnen beim Bewegen der Gelenk- bzw. der beiden Kapselhälften nicht beschädigt werden kann (vgl. Abb. 8). Die Räume zwischen den Bolzenköpfen und den Kapseln sind mit Asphaltmasse ausgegossen.

Die über den Gelenken befindlichen Fugen in der Fahrbahn sind an den Kämpfern mit Zinkblechwellen überdeckt. In die mit Asphaltmasse ausgefüllten Wellen ist die Asphaltfilzdichtung eingebunden (Abb. 11). Die Welle ist mit 4 cm starken Eisenbetontafeln überbrückt. Damit die darunterliegende Asphaltfilzlage nicht bei den Bewegungen der Fuge durch die rauhe Eisenbetonfläche zerrieben wird, ist ein z-förmiges Gleitblech aus Zink dazwischengelegt. Die Fugendichtung an den Scheiteln ist einfacher gehalten, weil hier nur geringfügige Bewegungen auftreten können. Die Asphaltfilzdichtung konnte deshalb hier über dem Zinkblechstreifen durchgeführt werden (Abb. 12). Die Abb. 11 und 12 zeigen auch die Fugendichtung der Fußwege. Die oberen und die nach der Fahrbahn zu gelegenen Ränder der Fugen in den Bordschwellen und den Granitabdeckplatten der Brüstungen sind, da hier die Asphaltmasse bei Sommerhitze herausfließen würde, mit Weichblei verstemmt.

Die Pfeiler und Widerlager. Die beiden Pfeiler (Abb. 5 u. 6) sind in ihren äußeren Abmessungen unterhalb der Wasserlinie gleich gehalten. Die für die Ermittlung der Pfeilerabmessungen in den Ausschreibungsunterlagen enthaltene Vorschrift, daß die größte Kantenpressung in der Baugrundfuge kleiner als 4,5 kg/cm² sein sollte, wurde noch nachträglich dahin ergänzt, daß der Betrag der Schwankungen in den Kantenpressungen kleiner als 2,5 kg/cm² bleiben sollte, um ein allmähliches Schrägstellen der Pfeiler infolge einseitiger Verkehrslast zu verhüten.

Zum Schutz gegen das betonschädliche Wasser sind die Pfeiler und Widerlager allseitig mit säurefesten Klinkern ummantelt worden. Diese sind in den Bogenansätzen bis zur Höhe NN. + 1,00 m, sonst bis + 0,50 m hochgeführt. Zur Verzahnung mit dem Hinterbeton der aufgehenden Pfeilerflächen wurden immer vier Schichten des Klinkermantels abwechselnd 1 und 1½ Stein stark ausgeführt. Die Klinker wurden in einem Mörtel aus 1 Teil Sikkofixzement zu 2 Teilen scharfkörnigem Mauersand vermauert. Sikkofixzement enthält als Säureschutz eine Beimengung von feingemahlenem Bitumenmehl, die sich durch eine bräunliche Färbung und, besonders beim Verarbeiten in der Druckluftkammer, durch Asphaltgeruch kennzeichnet. Bei den Klinkern wurde streng darauf geachtet, daß sie die durch Din 105 vorgeschriebene Wasserdurchlässigkeit von weniger als 4 v H des Gewichtes besaßen. Es wurden daher von jeder Lieferung Probesteine entnommen und auf Wasserdurchlässigkeit geprüft. Um den Baufortgang nicht aufzuhalten, mußten anfänglich auch Klinker mit höherer Wasserdurchlässigkeit als 4 v H eingebaut werden. Hier wurde hinter den Klinkern noch eine mindestens 40 cm starke Schutzschicht in dichter Mischung (1 : 3 : 1) mit Verwendung von Sikkofixzement ausgeführt. Beim Absenken wurde darauf geachtet, daß die Mörtelfugen genügend erhärtet waren, bevor sie mit dem Wasser in Berührung kamen. Dies war in der Regel nach zwei bis drei Tagen der Fall.

Als Sohlendichtung dient eine doppelte Klinkerflachschicht. In den aufgehenden Seitenflächen unmittelbar über der Schneide des Senkkastens wurde als Ersatz für die Klinkerschicht an das Schneiden-U-Eisen ein 80 cm hoher Mantel aus 6,5 mm starkem Blech angenietet. Der Beton hinter dem Blechmantel wurde in dichter Mischung mit Sikkofixzement hergestellt. Der als zweckmäßig erprobte Blechmantel wirkte zusammen mit dem dahinter liegenden Schneidenbeton, mit dem er durch Flacheisenankerbügel verbunden wurde, als ein steifer Fundamentkranz, der beim Absenken der Pfeiler das oben frisch hergestellte Mauerwerk gut gegen Rissebildungen schützte.

Die Bauart der Widerlager ist aus den Abb. 5 und 6 zu ersehen. Die in statischer Hinsicht günstige Form, bei der die Kraft-Resultierende auf der Bodenfuge etwa parallel zu den Seitenflächen verläuft, ist durch Schrägabsenkung der Widerlager ermöglich worden.

Im Gegensatz zur aufgelösten Bauweise der in den Brückenöffnungen zwischen den Kämpfergelenken liegenden Eisenbetonbauteile sind die ausgekragten Kämpfer der Pfeiler und Widerlager aus vollem Beton mit Eisenbewehrung hergestellt. Die Auflösung der Aufbauten des landseitigen Widerlagers in Eisenbetonbauteile ist vor allem aus statischen Gründen (zur Gewichtsverminderung) gewählt.

Die Aufbauten über den Pfeilern sind bis zur Spitze der Kämpferkragarme massiv ausgeführt und wurden bereits vor dem Absenken der Bögen auf die Kämpfer aufgebracht, um den Baugrund durch Vorbelastung zu verdichten.

An den sichtbaren Außenflächen haben die Pfeiler und Widerlager die gleiche Betonmischung erhalten wie die Bögen. Die Außenkanten der Pfeiler sind bis über dem höchsten Wasserstand (NN. + 2,98 m), die inneren Kanten bis NN. + 1,00 m mit Granitwerksteinen verblendet.

Beobachtungsanlagen. Bei dem geologisch verhältnismäßig jungen Baugrund schien es erwünscht, etwaige Bewegungen der Pfeiler und Widerlager durch genaue Beobachtungen erkennen zu können. Deshalb wurden in den Pfeilern und Widerlagern Beobachtungsschächte angeordnet, deren Lage aus den Abb. 5 und 6 zu ersehen ist. In diesen Schächten werden etwaige Kippbewegungen der Pfeiler und Widerlager mittels eines weiter unten beschriebenen Pendelapparates gemessen. Die Einsteigeöffnung wurde, um den Fahrverkehr auf der Brücke nicht durch die Messungen zu behindern, auf die oberstromseitige Kanzelfläche gelegt. Beim stadtseitigen Widerlager steigt man von der Unterführung der Bollwerkstraße aus in den Beobachtungsschacht ein. Der Aufhängepunkt für das Pendel ist hier wegen der geringen verfügbaren Höhe unter die Decke der Straßendurchführung gelegt.

Der Anschluß der Brücke über das Bollwerk ist als Erdschüttung zwischen Winkelstützmauern ausgeführt. Des aufgelockerten Baugrundes wegen erhielten diese Mauern in Abständen von etwa 3 m Fugen, die abgedichtet werden mußten, um eine Verschmutzung der Außenwände durch Sickerwasser zu verhüten. Abb. 13 zeigt diese Fugendichtung. Das beiderseits der Brücke zu erneuernde bzw. zu begradigende Bollwerk wurde als eiserne Larssenwand mit Eisenbetonholm hergestellt.

Architektonische Gestaltung der Brücke. Wie es die heutige sachliche Auffassung vom Wesen der Schönheit bei Ingenieurbauwerken fordert, ist jeder Zierrat und jede überflüssige Linie vermieden worden. Die Wirkung der Brücke soll in erster Linie durch die gewählten Bogenformen im Verein mit der äußeren Ausbildung der Pfeiler und Widerlager erzielt werden.

Es hätte nahe gelegen, das innen 1,10 m hohe Brüstungsband auch äußerlich durch ein Gesims oder durch einen Rücksprung in der Außenfläche zu zeigen, doch verbot sich dieses wegen der Durchdringung der Brüstungen durch die Bögen. Als einzige Betonung der Brüstungen verblieb das Werksteinband der Abdeckplatten. Um das Brückenbild jedoch mit einem Maßstab zu versehen, wurde ein Brüstungsband wenigstens an den Pfeilern und Widerlagern durch einen kräftigen Zahnschnitt angedeutet. Die Wirkung dieser Pfeilerarchitektur wurde vor der Festlegung der endgültigen Formen durch ein in natürlicher Größe hergestelltes Holzmodell an Ort und Stelle geprüft (Abb. 19).

vor allem darin begründet, daß die Fugenkanten erst nach dem Ausrüsten der Bögen endgültig hergestellt werden können, um einen keilförmigen Verlauf der Fugen zu vermeiden.

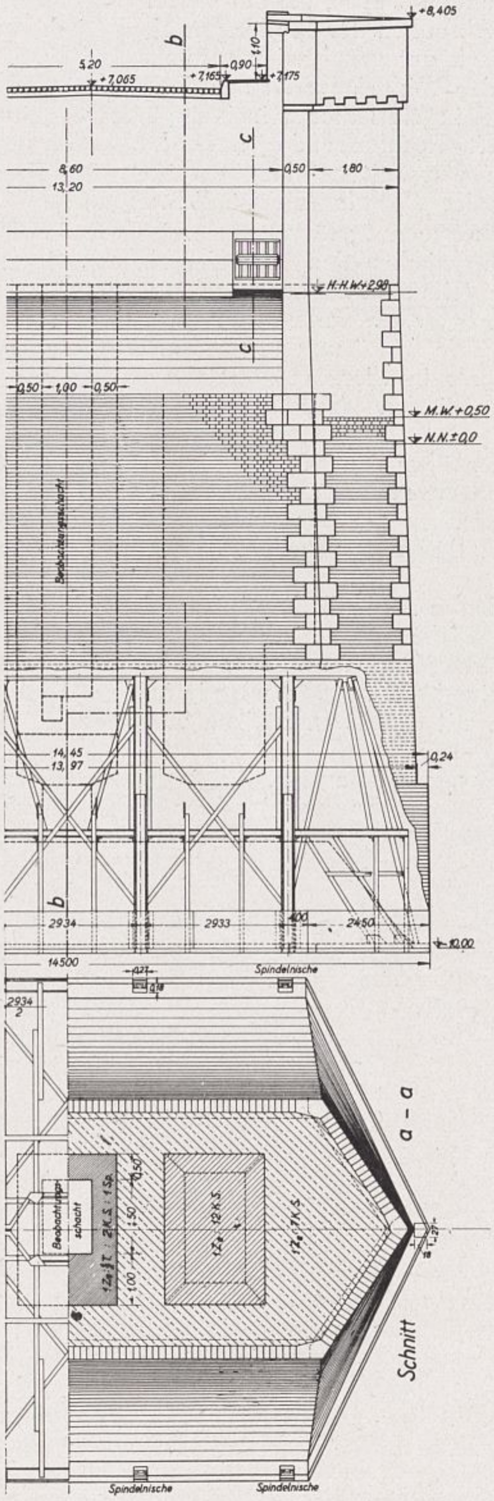


Abb. 14. Seitenansicht und Draufsicht. M. 1 : 150.

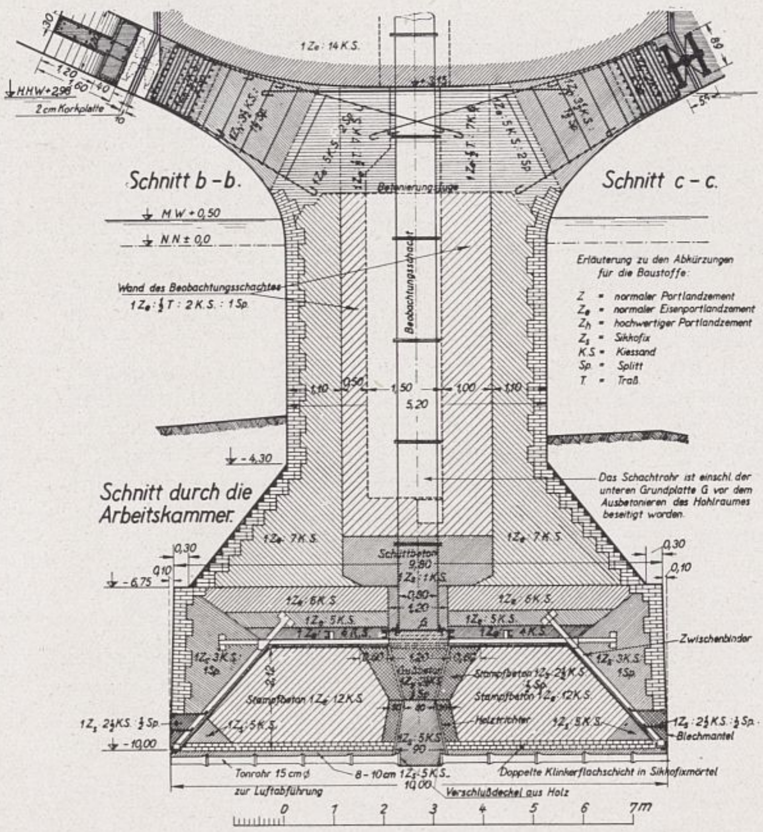


Abb. 15. Schnitt durch die Arbeitskammer und die Aufbauarme des Pfeilers.

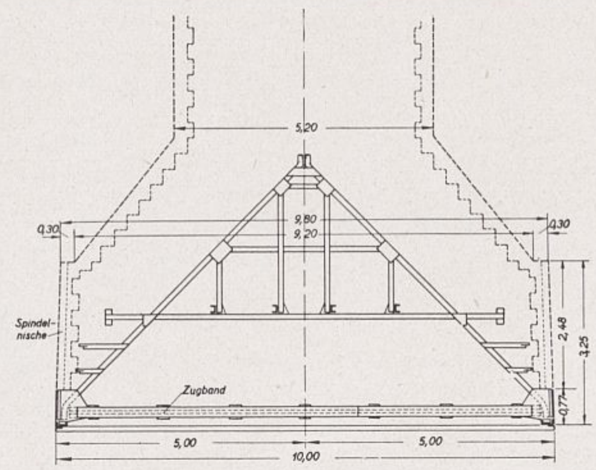
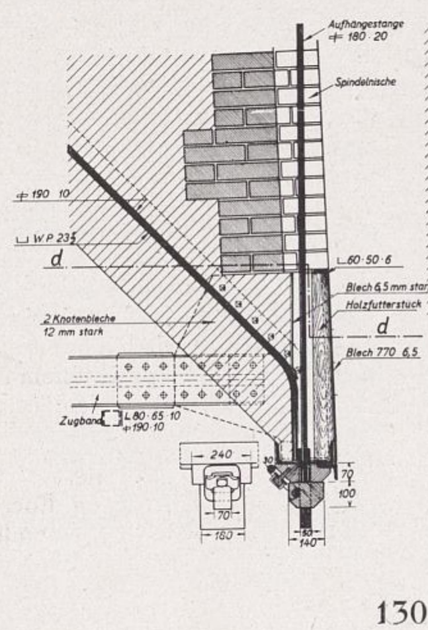


Abb. 16. Senkkastenhauptbinder. M. 1 : 150.

Abb. 17 (rechts). Querschnitt der Scheide mit dem unteren Teil der Senkkastenwand und der Vorrichtung zum Lösen des Aufhängebandes. M. 1 : 30.



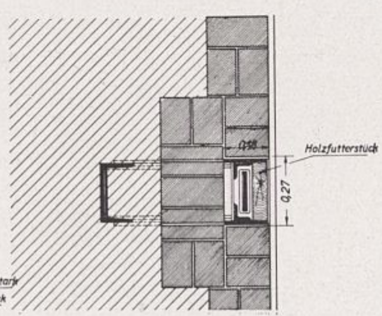


Abb. 18 (links). Schnitt d – d durch eine Spindelnische. M. 1 : 30.

Abb. 14 bis 18. Stadtseitiger Pfeiler.

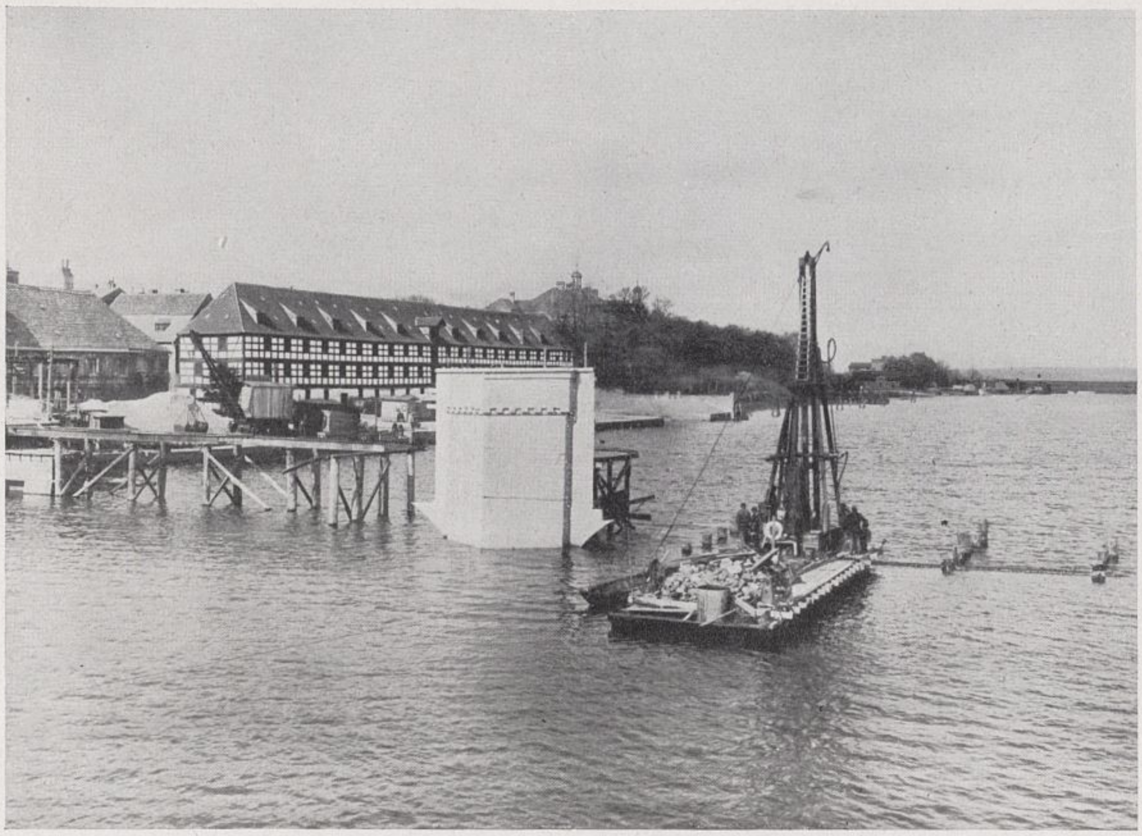


Abb. 19. Aufbau eines Holzmodells für die Pfeilerarchitektur.

Die Gründung der Pfeiler.

Die Gründungsarbeiten wurden von der Beton- und Monierbau A.-G. zusammen mit der im Druckluftbau besonders erfahrenen Tiefbauabteilung der Brückenbauanstalt Beuchelt & Co. in Grünberg (Schlesien) ausgeführt.

Die Senkkästen sind nach dem von der Firma Beuchelt bevorzugten Verfahren aus einer mit Beton umhüllten Eisenkonstruktion hergestellt. Die Abb. 14 bis 18 zeigen einen Flußpfeiler mit den Einzelheiten des Senkkastens und der Verblendung. Die Abb. 20 gibt ein Bild der in der Grünberger Werkstatt zusammengebauten Eisenkonstruktion eines Pfeilersenkkastens.

Bei den Flußpfeilern sind die Senkkästen in Eisenbändern aufgehängt und werden in bekannter Weise durch zwangläufigen Drehantrieb von Spindeln abgesenkt. Es wurden zehn Spindeln angeordnet, wovon acht an den Enden der vier Hauptbinder des eisernen Senkkastengerippes und zwei an den Pfeilerspitzen anfassen. Die hauptsächliche Aufgabe der Binder und der zwischen ihnen angeordneten Eisenträger besteht darin, das Gewicht des Betons der Arbeitskammerwände und -decke solange zu tragen, bis der Beton genügend fest geworden ist. Später nimmt der Beton selbst an der Tragewirkung teil. Durch die beiden Wände, die Decke und das Zugband des Binders wird dann ein steifer Rahmen mit elastischem Zugband gebildet, der insbesondere dann voll in Wirksamkeit tritt, wenn der Pfeiler durch die Reibung im Boden genügenden Halt bekommen hat und aus den Spindeln ausgehängt wird.

Beide Pfeiler wurden gleichzeitig ausgeführt; der stadtseitige war um einige Tage voraus. Die Absenkgerüste wurden der Lage der Spindeln entsprechend so hergestellt, daß jede Spindel ihre Last auf einen Pfahlbock übertrug, der im allgemeinen aus zwei senkrechten Pfählen und einem Schrägpfahl bestand. Das Gerüst erhielt eine sorgfältige Aussteifung (Abb. 21).

Abb. 22 zeigt die Baustelle während des Absenkens der beiden Pfeiler. Die Außenseiten der Absenkgerüste sind durch Schalungen geschlossen worden, um die Maurerarbeiten unabhängig von der Witterung ausführen zu können.

Die aus Abb. 14 und 15 ersichtlichen **Betonmischungen** für den Senkkasten wurden unter Berücksichtigung der Kornzusammensetzung des verfügbaren Kiessandes (märkischer Grubenkies aus Bellinchen a. O.) nach dem Gesichtspunkte gewählt, daß die Wände der Arbeitskammer möglichst wasser- und luftdicht sein sollten. Hochwertiger Zement wurde nicht verwendet. Alle Betonmischungen, bei denen es auf die Dichtigkeit ankam, wurden weichplastisch eingebracht.

Die Aufhängestangen waren so angeordnet, daß die Kraft in der Mitte des Schneiden-U-Eisens angreift. Diese Anordnung bedingte, daß die Aufhängestangen hinter dem Blechmantel durchgeführt werden mußten. In dem Verblendmauerwerk mußten entsprechende Nischen ausgespart werden (vgl. Abb. 14 bis 18).

Die Spindeln hingen nicht genau lotrecht, sondern waren oben etwas auseinandergerückt, um die über die Pfahljoche gelegten Träger weniger auf Biegung zu beanspruchen. Diese Schrägstellung veränderte sich im Laufe des Absenkens, jedoch gestattete die Aufhängevorrichtung diese Veränderung, weil bei dem Gerät der Firma Beuchelt die Spindelmuttern in Kugelflächen beweglich gelagert sind.

Die Außenwände der rund 3,3 m hohen Senkkästen verjüngten sich um je 10 cm nach oben, um den Reibungswiderstand beim Absenken zu ermäßigen.

Die Lager-Fugen der Verblendung wurden im allgemeinen senkrecht zur Außenfläche gemauert, um glatte Außenflächen zu erhalten. Die stumpfen Mauerwerkskanten bei der Senkkastenverblendung wurden durch Behauen der Klinker hergestellt. Dieses Verfahren bewährte sich jedoch nicht immer. Es wurden daher im oberen Teil Kantensteine aus Sikkofixbeton (1 Sikkofixzement: 3 Kiessand : 1 Splitt) verwendet, die ebenso wie die weiter oben verwendeten Granitwerksteine die Höhe von 4 Klinkerschichten hatten. Bei den Widerlagern wurden die Sikkofixkantensteine wegen der hier noch schwierigeren Eckausbildung des Mauerwerks gleich von unten auf eingebaut. Diese Kantensteine wurden etwa 4 Wochen vor dem Versetzen hergestellt und haben sich gut bewährt. Während die Klinkerverblendung bei Pfeiler-

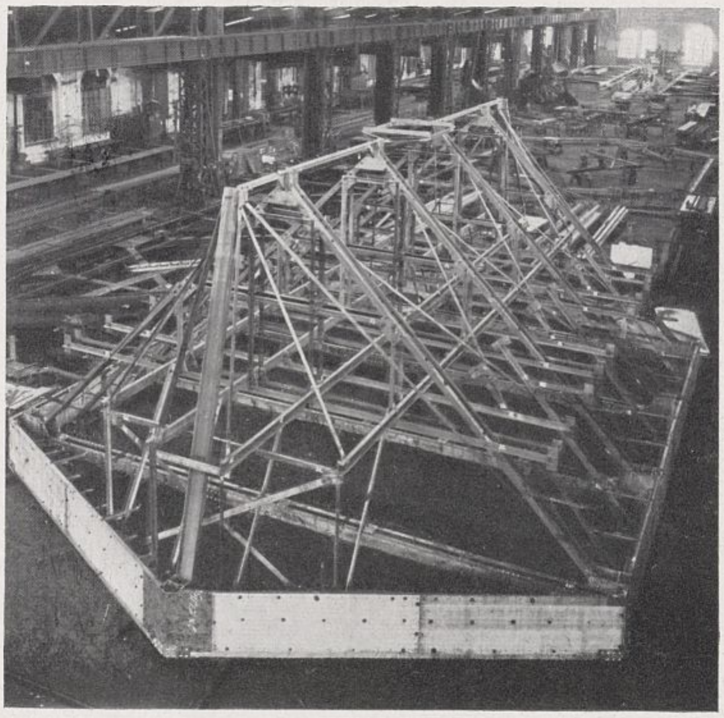


Abb. 20. Zusammengebaute Senkkastenkonstruktion für die Pfeiler (Beuchelt u. Ko., 30.9.26).

gründungen im Druckluftverfahren sonst meistens nur die beiden Aufgaben hat,

1. die Schalung zu ersetzen und hierdurch ein schnelleres Absenken zu ermöglichen,
2. die Pfeiler gegen mechanischen Angriff strömenden Wassers und des Bodens (beim Absenken) zu schützen,

kam im vorliegenden Falle noch die dritte Aufgabe hinzu, das Eindringen betonschädlicher Stoffe in den Pfeiler

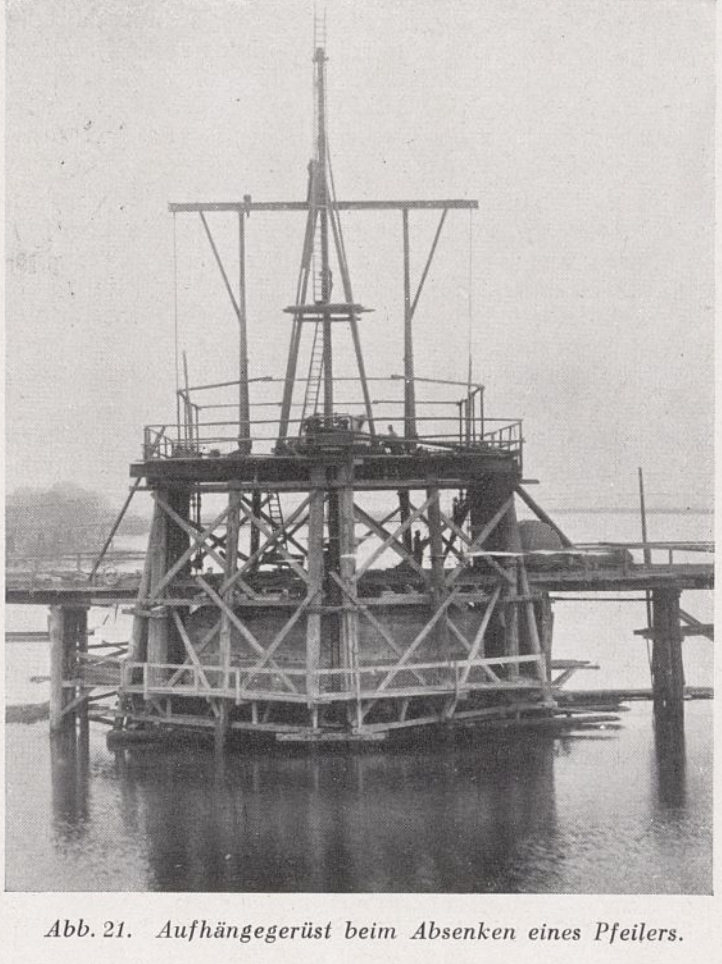


Abb. 21. Aufhängegerüst beim Absenken eines Pfeilers.

zu verhindern. Diese letzte Aufgabe verlangte, daß alle Fugen satt mit Zementmörtel angefüllt waren.

Die unvermeidlichen praktischen Schwierigkeiten bei der Herstellung des Verblendmauerwerks nach den vorstehenden Gesichtspunkten weisen darauf hin, in zukünftigen ähnlichen Fällen als Schutz des Betons unter der Wasserlinie statt der Klinkerverblendung einen wasserdichten Eisenblech- oder Holzmantel in Erwägung zu ziehen. Ueber der Wasserlinie würde man den Eisen- oder Holzmantel nur vorübergehend benötigen, um in seinem Schutze den oberen Teil der Pfeiler unabhängig vom Außenwasserstande und unter Ausgleichung der häufig recht erheblichen Ungenauigkeiten mit Klinker- oder Werkstein-Verblendung ausführen zu können.

Die zehn Spindelmuttern wurden durch ein Gestänge gemeinsam motorisch angetrieben; zehn Klinkenhebel faßten gleichzeitig in je zehn Zähne der zentrisch mit den Spindelmuttern verbundenen Sperradscheiben. Wenn die Drehung um ein Zahn ausgeführt war, lief das Gestänge zurück und faßte nach der Umsteuerung den nächsten Zahn. Dieser Absenkvorgang mußte durch mehrere auf der oberen Plattform aufgestellte zuverlässige Leute dauernd überwacht werden, weil es bei dem durch längeren Gebrauch immer größer werdenden toten Gang in den Gelenken des Getriebes leicht vorkommen kann, daß ein Hebel nicht von selbst einklinkt und ihm durch einen Schlag nachgeholfen werden muß. Sonst bleibt eine Spindel um einen oder mehrere Gänge zurück, wodurch eine ungleichmäßige Belastung der Spindeln und ein Bruch eines eisernen Aufhängebandes oder eine Rißbeschädigung des Pfeilers herbeigeführt werden kann.

Bezüglich der Höhe der Aufmauerung kam es darauf an, durch geringe Belastung der Spindeln den Reibungswiderstand beim Abdrehen und dadurch die Abnutzung in den Gewindegängen zu ermäßigen. Hierbei mußte auch auf den wechselnden Wasserstand Rücksicht genommen werden. Beim Eintauchen ins Wasser vermindert der Auftrieb das Pfeilergewicht, so daß ein diesem entsprechendes Zusatzgewicht oben aufgemauert werden kann. Bei wachsendem Wasser wird der Auftrieb größer, also günstiger, bei fallendem Wasser wird er kleiner, also ungünstiger. Um die Spindelbelastung noch mehr herabzusetzen, wurde bald nach dem Eintauchen des Pfeilers in das Wasser Druckluft in die Arbeitskammer eingeblasen. Nach dem Eindringen in den Boden trat durch die Reibung im Erdreich eine weitere Entlastung hinzu.

Die in die Arbeitskammer zu liefernde Luftmenge richtet sich nach den hierüber erlassenen amtlichen Vorschriften (Verordnung des Reichsarbeitsministers vom 28. Juni 1920, veröffentlicht im Reichsgesetzblatt 1920, Nr. 146)[5]), durch die auch die Sicherheitsmaßnahmen geregelt sind. Die meisten dieser Vorschriften brauchten jedoch im vorliegenden Falle wegen des geringen Ueberdrucks (höchstens 13 m Wassersäule) nicht angewendet werden. Es empfiehlt sich aber, darauf zu achten, daß die in den Drucklufträumen angebrachten Manometer stets richtige Werte angeben, und zwar besonders für die ersten 5 Meter.

Die dem Arbeitsraum zugeführte Druckluft zog während des Absenkens durch den aus Sand und Kies bestehenden Baugrund ab, ohne daß besondere Abführungsmaßnahmen erforderlich waren. Um den Luftverbrauch zu regeln, mußten die Schneiden der Senkkästen genügend tief im Boden bleiben; sobald sie an einer Stelle freigegraben wurden, entwichen dort große Mengen von Druckluft. Deshalb wurde das Absenken, bei dem gleichzeitig alle Schneiden ringsum freigemacht werden müssen, im allgemeinen nur höchstens einmal in einer Schicht vorgenommen.

Wenn die Schneiden gut verstopft waren, sank der Wasserspiegel im Arbeitsraum tiefer als bis zur Schneiden-

[5]) s. auch Zentralbl. d. Bauverw. 1920, S. 439.

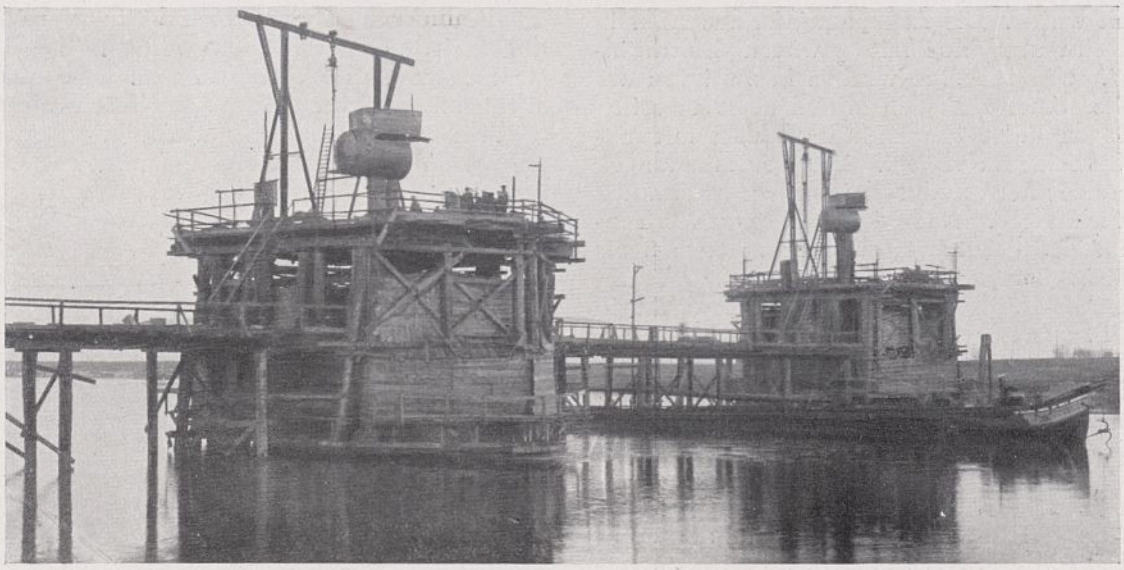


Abb. 22. Die beiden Pfeiler unter Preßluft während des Absenkens; die Gerüste mit Wetterschutz verkleidet.

unterkante; die unter den Schneiden entweichende Luft verteilte sich seitwärts auf ziemlich große Entfernungen im Boden. Sie kam bisweilen erst im Umkreis von 20 bis 30 m an die Tagesfläche.

Sobald der Senkkasten so tief in den Boden eingedrungen ist, daß er genügenden Halt hat, was durch Schlappwerden der Aufhängebänder sichtbar wird, werden diese gelöst, indem vom Innern der Arbeitskammer aus die unter der Schneide befindlichen Keile nach Herausschrauben der Sicherungsbolzen herausgeschlagen werden (Abb. 17). Beim stadtseitigen Pfeiler wurde diese Maßnahme getroffen, als die Schneide etwa 2 m über der Gründungstiefe (NN.—10,0 m) und somit etwa 4,5 m unter der Flußsohle (NN.—3,50 m) angelangt war. Beim landseitigen Pfeiler wurde wegen der größeren Flußtiefe (NN.—5,0 m) die Lösung der Keile erst vorgenommen, nachdem die Bausohle erreicht war.

Der Pfeiler wird beim Absenken durch die Aufhängevorrichtungen nur der Höhe nach genau geführt, während er in seitlicher Richtung ziemlich erhebliche Verschwenkungen und Verdrehungen ausführen kann, die ein häufiges Nachmessen und Ausrichten erforderlich machen. Im vorliegenden Falle mußte wegen des statischen Ausgleichs der von beiden Seiten auf die Pfeiler einwirkenden Kämpferdrücke eine möglichst genaue Pfeilerlage erstrebt werden. Die nach dem Absenken festgestellten Abweichungen von der Sollage erreichten Werte von 6 bis 8 cm, die innerhalb der zulässigen Grenzen blieben. Die Abweichungen des Pfeilers von der Sollage werden hauptsächlich durch Hindernisse hervorgerufen, die gerade unter der Schneide auftreten. Bei beiden Pfeilern wurden zahlreiche Pfahlreste älterer Brücken sowie kleinere Findlinge angetroffen.

Die vor der Bauausführung angestellten und mit gewissen unvermeidlichen Mängeln der Bohrgeräte behafteten Bohrungen wurden durch die tatsächlichen Befunde beim Absenken wesentlich ergänzt, so daß bei der endgültigen Festsetzung der Gründungstiefe der Hauptwert nicht auf Probebohrungen, sondern auf den Befund beim Bodenaushub gelegt werden mußte. Es ist dringend erforderlich, ein aus kurzen Stücken zusammenzusetzendes Bohrgerät zur Hand zu haben, mit dem der Baugrund bis etwa 2 bis 3 m unter der geplanten Gründungssohle von der Arbeitskammer aus untersucht werden kann, sobald der Senkkasten mit seiner Schneide höchstens 1 m über der geplanten Gründungstiefe angelangt ist. Derartige Bohrungen sind bei den vorliegenden Gründungsarbeiten auch vorgenommen worden. Das bloße Sondieren des Baugrundes mit einer spitzen Eisenstange genügt keinesfalls.

Abfangen des Pfeilers in der Endlage und Abdichtung der Sohle. Wenn der Senkkasten mit seiner Schneide auf der Gründungssohle angelangt ist, muß verhindert werden, daß er von selbst tiefer absinkt, als beabsichtigt ist. Die Schneiden tragen bei einem kohäsionslosen Baugrund, wie er hier vorlag, nur, wenn von innen her reichlich Boden vorgeschüttet wird. Dieser Schutz muß jedoch beseitigt werden, sobald mit dem Ausbetonieren begonnen wird. Es ist dann erforderlich, den Pfeiler dadurch zu halten, daß man die Decke der Arbeitskammer gegen den Baugrund durch Holzstempel oder dergl. absteift. Diese beim stadtseitigen Pfeiler angewendeten Steifen sind ziemlich lästig, weil sie während des Betonierens in der Arbeitskammer nach und nach wieder ausgeschleust werden müssen. Der landseitige Pfeiler wurde daher, um die Steifen zu ersparen, während des Betonierens der Arbeitskammer in den Spindeln hängen gelassen und es mußten im Sohlenbeton bzw. in der Klinkerflachschicht Schlitze gelassen werden, um die Keile der Aufhängestangen nachträglich lösen zu können.

Wichtig ist es ferner, daß man auch nach dem Beginn des Betonierens im Arbeitsraum noch Boden ausschleusen kann. Erst beim Herstellen der Sohlendichtung wird die Sohle genau eingeebnet und hierbei zeigte sich bei beiden Pfeilern, daß noch einige Zentimeter zu viel Boden verblieben waren, vielleicht auch deshalb, weil von außen manchmal Boden nachdringt. In vielen Fällen wird man sich damit helfen können, daß man Zement und Mischbleche einschleust und den Boden unten zu Mörtel oder Beton verarbeitet. Dies geschah z. B. beim landseitigen Widerlager.

Durch die Herstellung der Sohlendichtung wird der Druckluft, die auch während des Ausfüllens der Arbeitskammer entsprechend der Zahl der unten arbeitenden Personen dauernd erneuert werden muß, der Weg durch den Boden abgeschnitten. Die Lufterneuerung ist im vorliegenden Falle um so nötiger gewesen, als der zur Sohlendichtung verwendete Sikkofixzement durch seinen Asphaltgeruch das Atmen erschwerte. Allerdings kann man die Luft nicht hindern, sich durch den frisch hergestellten Beton bzw. Mörtel Poren-Wege zu bahnen, doch wird die Luft diese engen Wege nach und nach verlassen, wenn ihr ein Ausweg mit geringerem Widerstand geboten wird. Aus diesem Grunde und weil die Schließung der Poren erwünscht ist, um das Eindringen des betonschädlichen Grundwassers zu verhindern, wurden besondere Luftabführrohre verwendet, die bis unter die Schneide reichen. Bei den Pfeilern wurden hierzu Tonrohre genommen, die in einen trichterartigen Holzkasten mündeten, der erst am Schluß

mit Beton gefüllt wurde. Die Anordnung ist aus Abb. 15 ersichtlich, hat sich aber nur mit gewissen Einschränkungen bewährt. Die Tonrohre wurden in zwei von der Mitte des Arbeitsraumes nach den Mitten der Langseiten führenden Strängen unter der Dichtungsschicht mit Gefälle nach der Schneide zu verlegt. Die Rohrmündungen wurden durch Holzdeckel verschlossen, um ein Nachsacken von Beton zu verhindern. Nach dem Verlegen der Tonrohre wurde erst eine Schutzbetonschicht von etwa 8 bis 10 cm Stärke (1 Sikkofixzement : 5 Kiessand) erdfeucht eingebracht, darüber die doppelte Klinkerflachschicht in Sikkofixmörtel 1 : 2 gemauert. Die Zwickel zwischen der Klinkerschicht und den Wänden der Arbeitskammer wurden durch fetten Sikkofixbeton (1 Z. : 2½ Kiessand : ½ Splitt) abgedichtet. Die Zugbänder wurden in Sikkofixbeton 1 : 5 eingehüllt. Dann wurde der Füllbeton 1 : 12 (mit normalem Zement) erst in wagerechten, darauf in schrägen Lagen gestampft. Schließlich wurde der Holztrichter mit Mischung 1 Sikkofix : 2½ Kiessand : ½ Splitt umstampft und mit Mischung 1 Sikkofix : 5 Kiessand gefüllt und darüber bis zur Decke des Senkkastens ein innen hohler Gegentrichter hergestellt, dessen Kern als letztes von oben her mit fettem Gußbeton verfüllt wurde. Der Zweck des Trichters und Gegentrichters ist der, einen Verschlußpfropfen für das Loch in der Decke des Senkkastens zu schaffen, der den Druck des Wassers von unten nach oben aufnimmt und ein Durchdrücken des Füllbetons der Arbeitskammer nach oben verhindert. Dieser Pfropfen mußte daher erhärtet sein, bevor der Ueberdruck der Luft erniedrigt wurde. Zum Erhärten wurden 48 Stunden Zeit gelassen, wo der Druck in voller Höhe (10 bis 12 m Wassersäule) gehalten wurde, um die Einwirkung betonschädlichen Wassers auf den Abbindevorgang zu verhindern.

Die Einsteigeöffnung in der Decke des Senkkastens konnte bei den beiden Pfeilern nicht unter Preßluft geschlossen werden, weil die Grundplatte, an der das untere Ende des Einsteigerohres verschraubt war, nur wenig über Deckenunterkante lag (Abb. 15) und zum Lösen der Verschraubung noch etwa 20 cm Platz unter der Grundplatte freibleiben mußte. Als die Verschraubung gelöst und der Druck der Innenluft abgelassen war, stieg sofort Wasser nach und füllte den Hohlraum des Pfeilers über der Einsteigeöffnung im Laufe von wenigen Stunden an. Es ließ sich feststellen, daß der Pfropfen wohl erhärtet war, daß sich aber zwischen dem Füllbeton und der Decke der Arbeitskammer ein feiner keilförmiger Spalt gebildet hatte.

Die Ursache für die Bildung dieses Spaltes wird hauptsächlich darin zu suchen sein, daß die mit offenen Fugen verlegten Tonrohre nicht zugefüllt werden konnten. Beim Bau der Widerlager wurden daher die weiter unten beschriebenen wirksameren Maßnahmen getroffen.

Die nach der Beendigung der Druckluftarbeiten noch verbliebene Oeffnung in der Senkkastendecke mußte nachträglich durch Unterwasserschüttung mit einer fetten Betonmischung geschlossen werden. Hierbei wurde mit besonderer Vorsicht vorgegangen. Der nach unten abzudichtende Hohlraum wurde zunächst von oben mit Wasser gefüllt; mit dem Schütten wurde erst nach Ausspiegelung mit dem Außenwasser begonnen. Verwendet wurde Sikkofixbeton 1 : 2. Der Erfolg war nach einem infolge nicht genügender Beachtung der vorstehend geschilderten Vorsichtsmaßregeln mißglückten Versuche befriedigend. Als günstig erwies es sich, wenn das Innenwasser noch etwas höher stand als das Außenwasser; unbedingt zu vermeiden ist dagegen eine wenn auch noch so schwache nach oben gerichtete Wasserströmung, da diese Entmischungen und Quellenbildungen im Verschlußpfropfen hervorrief.

Baufristen und Absenkgeschwindigkeiten. Die beiden Pfeiler wurden, wie beabsichtigt, bis Ende des Jahres 1926 fertig abgesenkt. Die zum Aufbau der eisernen Senkkastenkonstruktionen erforderlichen Gerüstbauten dauerten etwa 4 Wochen (9. September bis 7. Oktober), der Zusammenbau der Eisenkonstruktion etwa 3 Wochen (7. bis 26. Oktober beim stadtseitigen, 15. Oktober bis 2. November beim landseitigen Pfeiler). Das Einschalen der Arbeitskammer, das Mauern und Betonieren der Senkkästen sowie die Erhärtungszeit nahmen zwei Wochen in Anspruch, worauf mit dem Ablassen begonnen wurde. Beide Pfeiler wurden im ganzen 10,5 m gesenkt (von NN. + 0,50 m bis zur Gründungstiefe NN. — 10,0 m). Beim stadtseitigen Pfeiler entfielen hiervon rd. 4 m auf Wasser und 6,5 m auf Boden. Die Gesamtzeit der Senkung des stadtseitigen Pfeilers dauerte einen Monat (11. November bis 10. Dezember); hiervon entfielen eine Woche auf Senkung durch Wasser und 3 Wochen auf Senkung durch Boden. Das tägliche Durchschnittsmaß der Senkung betrug im Wasser $\frac{4,0}{8} = 0,50$ m/Tag, im Boden $\frac{6,5}{22} = 0,30$ m/Tag, im ganzen $\frac{10,5}{30} = 0,35$ m/Tag. Beim wiesenseitigen Pfeiler dauerte die gesamte Absenkung knapp 4 Wochen (18. November bis 15. Dezember). Es entfielen rund 5,5 m auf Senkung durch Wasser und 5,0 m auf Senkung durch Boden. Erstere dauerte 13 Tage (18. November bis 1. Dezember), letztere 14 Tage. Der tägliche Durchschnitt betrug bei der ersteren $\frac{5,5}{13} = 0,41$ m/Tag, bei der letzteren $\frac{5,0}{14} = 0,36$ m/Tag, im ganzen $\frac{10,5}{27} = 0,39$ m/Tag.

Das Ausbetonieren der Arbeitskammer dauerte 5 Tage beim stadtseitigen und 3 Tage beim wiesenseitigen Pfeiler. Die Gesamtbauzeit belief sich bei jedem Pfeiler auf 2½ Monate.

(Schluß folgt.)

Berichtigung zu Heft 4 (April).

Auf S. 107 muß die Ueberschrift heißen: Entwurf Eugen Blanck und Anton Brenner, Frankfurt a. M.; ferner ist auf S. 110 in den beiden Tabellen statt Brenner, Blanck und Brenner zu setzen.



Plan der Stadt Stuttgart.
Lauf des Neckars.

WETTBEWERB NECKARUFER-BEBAUUNG STUTTGART.

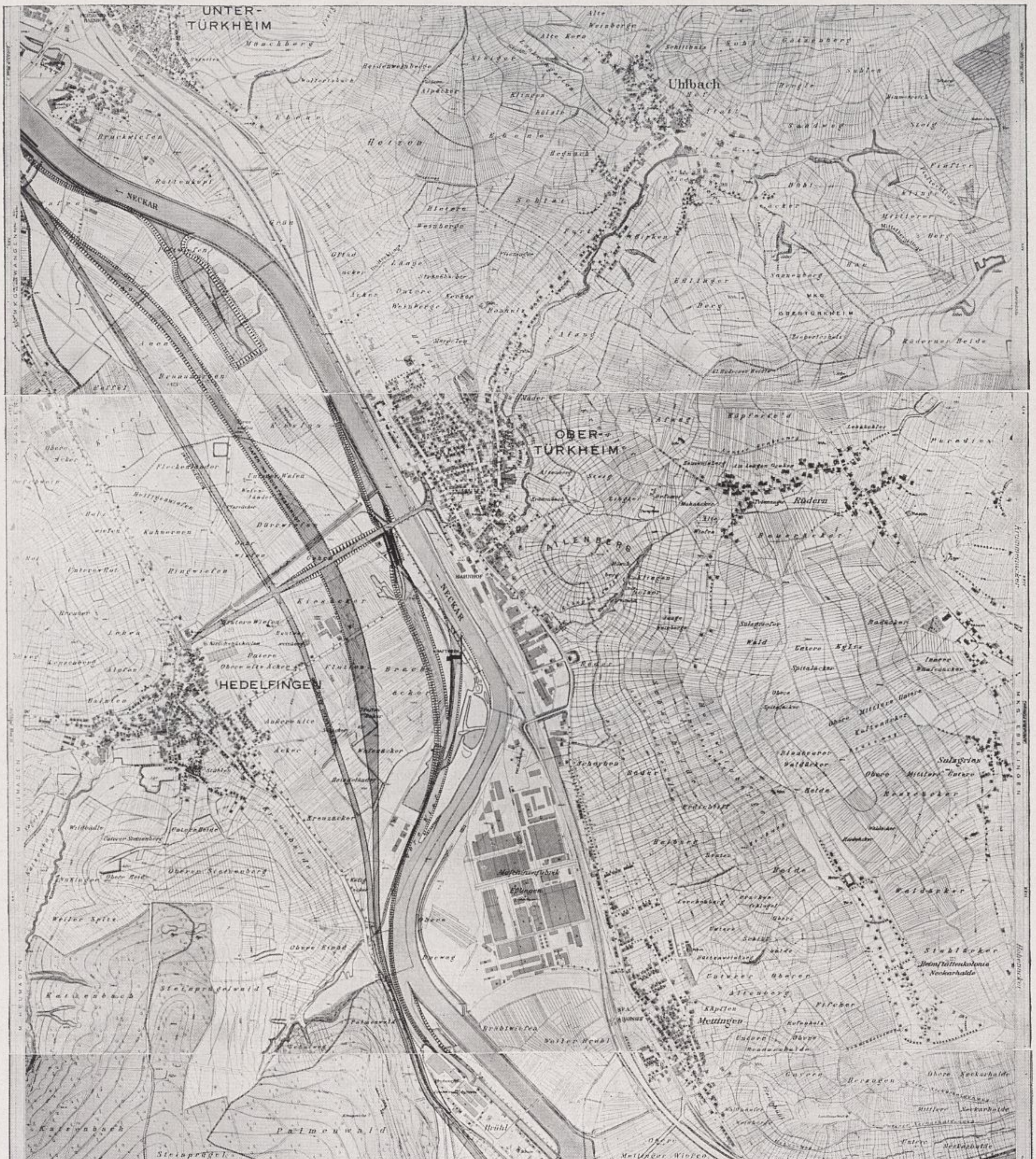


Anschluß an Blatt 2.

Städtischer Vorentwurf. Blatt 1.

WETTBEWERB NECKARUFER-BEBAUUNG STUTTGART.

Anschluß an Blatt 1.



Städtischer Vorentwurf. Blatt 2.

WETTBEWERB NECKARUFER-BEBAUUNG STUTTGART.